

Die Diathermiebehandlung
des Wurzelkanals und des Periapex
im Lichte der Literatur

Eva Chronz

Aus der Zahnärztlichen Klinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. Dr. Josef Heiss

Die Diathermiebehandlung des Wurzelkanals
und des Periapex im Lichte der Literatur

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von
Eva Chronz
aus
Berlin

München 1958

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Referent: Prof. Dr. Dr. Maria Schug-Kösters

Dekan: Prof. Dr. Dr. Kolle

Tag der mündlichen Prüfung: 7. Oktober 1958



Meinem lieben Vater
in Dankbarkeit gewidmet

GLIEDERUNG

I. Allgemeiner Teil

Einführung in die Diathermie

1. Physik der Hochfrequenzströme
2. Medizinische und chirurgische Diathermie
3. Physiologie der Hochfrequenzströme

II. Spezieller Teil

A. Diathermiebehandlung einer entzündeten Pulpa

1. Auswirkungen des Diathermiestromes auf Zahn und Umgebung
2. Die Anästhesie bei der Pulpenkoagulation
3. Temperaturverhältnisse im Wurzelkanal während der Diathermiebehandlung
4. Stromdosierungen
5. Behandlungsmethoden

B. Diathermiebehandlung des infizierten Wurzelkanals

1. Bewertung des Verfahrens zur Gangränbehandlung
2. Bakteriologie
3. Anästhesie
4. Behandlungsmethoden

C. Die Granulomverkoagung

1. Über die Koagulation apikaler Herde
2. Histologische Betrachtungen

III. Kritische Betrachtung

IV. Zusammenfassung



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555216_0096

I. ALLGEMEINER TEIL

Einführung in die Diathermie

Die Vielfalt der Behandlungsmethoden und der Hilfsmittel der Wurzelbehandlung in der konservierenden Zahnheilkunde läßt erkennen, daß dieses Problem bis auf den heutigen Tag noch nicht gelöst werden konnte. Die Gründe für diese Tatsache ergeben sich aus der anatomischen und physiologischen Eigenart des Zahnsystems. Mit der Einführung der chirurgischen Diathermie in die Zahnheilkunde erschien das Wurzelbehandlungsproblem in einem neuen Licht. Man glaubte, endlich die Lösung gefunden zu haben. S T U R M (68) hat 1927 der Diathermie durch grundlegende Arbeiten Einlaß in die konservierende Zahnheilkunde zur Wurzelbehandlung verschafft. Er gilt durch seine erstmaligen Veröffentlichungen über die Diathermie als Vater und Begründer dieses Heilverfahrens in der Zahnheilkunde.

Heute nach 30 Jahren scheint die chirurgische Diathermie zur Wurzelbehandlung fast in Vergessenheit geraten zu sein, wenn auch ein kleiner Kreis von Praktikern sie als wertvolles Hilfsmittel anerkennt. "Der Grund hierfür lag wahrscheinlich in der falschen Anwendungsweise, die diese Methode vor etwa 20 Jahren ziemlich in Mißkredit gebracht hatte", schreibt S T U R M (68) 1955 in einem Aufsatz darüber. "Verschiedene hervorragende Nachuntersucher haben tatsächlich durch zu starke Dosierung des Diathermiestromes starke Verbrennungen periapikal und periodontal erzeugt und histologisch nachgewiesen. So wurde es bald still um die mit großen Hoffnungen aufgenommene Kaltkaustik bei Wurzelbehandlungen". Wie groß die Hoffnungen und die Begeisterung über diese neue Methode waren, läßt sich aus den vielen Arbeiten namhafter Autoren und den verschiedenen Lehrbüchern ersehen. F E I L E R (21) schrieb 1929: "Die Annahme sei berechtigt, daß mit der Einführung der Diathermie die Lösung des Wurzelbehandlungsproblems außerordentlich nahegerückt sei, wenn sie nicht sogar die Lösung selbst bedeute".

Leider wurde die Diathermie in ihrer Bedeutung für die konservierende Zahnheilkunde vielfach überschätzt, und erst jahrelange Praxis brachte die nötige Klarheit über Wirkungsweise und Anwendung für unser Fachgebiet. Befürworter der diathermischen Behandlung bezeichneten nach ihren Erfolgen die Diathermie schließlich als ein Hilfsmittel unter den zahlreichen anderen, aber als ein hervorragendes und erfolgreiches.

Die Kaltkaustik zur Wurzelbehandlung konnte sich nicht allgemein in der Praxis behaupten; das große Interesse, das ihr bei ihrer Einführung entgegengebracht wurde, nahm allmählich bei Bekanntwerden mancher kritischer Stimmen und vielleicht auch eigenen Mißerfolgen ab. E B B E R S (17) meinte 1936: "Die Methode war damals zu jung, um schon Allgemeingut werden zu können. Ihre Erfolge ermutigten auch noch nicht, weil sie ebenfalls noch zu jung waren". Vielleicht lag auch der Grund in der Schwierigkeit der Anwendung. Denn gerade das diathermische Verfahren verlangt vom behandelnden Arzt genaue Kenntnisse der Apparatur und ihres Wirkungsgrades, abgesehen von den physikalisch-anatomischen Verhältnissen des Zahnsystems. M A M L O K (46) schreibt 1934 darüber: "Diathermie in der Zahnheilkunde kann nicht nach Beschreibung erlernt werden. Es gehört dazu die praktische klinische Demonstration eines erfahrenen Lehrers, unter dessen Anleitung eigene praktische Arbeit erforderlich ist".

In den letzten Jahren lassen sich außer einigen wenigen Arbeiten keine wissenschaftlichen Veröffentlichungen mehr über die Kaltkaustik zur Wurzelbehandlung verfolgen.

In der Allgemeinmedizin hat sich die Diathermie überlebt, mit Ausnahme der Elektrochirurgie, und wird (nach R U M P (59)) in Kürze aus dem Anwendungsbereich der Elektromedizin verschwunden sein; sie ist durch die wesentlich wirksamere Kurzwellentherapie verdrängt worden. Dazu kommt noch, daß nach dem deutschen Hochfrequenzgesetz an die Abschirmung zur Vermeidung von Rundfunkstörungen so hohe Anforderungen gestellt werden, daß die Herstellung der Apparate unwirtschaftlich geworden ist.

1. Physik der Hochfrequenzströme

Diathermie oder Thermopenetration ist ein elektro-physikalisches Heilverfahren, bei dem hochfrequente Wechselströme durch Teile des Körpers geleitet und dort im Innern in Wärme umgewandelt werden. Diese elektrischen Ströme, die therapeutisch ausgenutzt wurden, dienten nicht nur zur Tiefendurchwärmung erkrankter Körpergebiete, sondern auch durch eine besondere Größenanordnung der beiden Elektroden zur Vernichtung von krankhaftem Gewebe oder von Bakterien, also zur Koagulation, und zum Schneiden in der Chirurgie an Stelle des Skalpells. Während bei den einfachen Methoden der Wärmebehandlung die Wärme außerhalb des Körpers erzeugt und ihm dann mittels der Bestrahlungslampe, Dampfbäder, Wärmekompressen und dgl. zugeführt wird, entsteht bei der Diather-

mie die Wärme im Innern des Körpers; elektrische Energie erfährt eine Umwandlung in Wärme durch Überwindung des Widerstandes des Leiters, nämlich des menschlichen Körpers.

Nun ist das Verfahren der Diathermie in der Allgemeinmedizin viel länger bekannt als in der Zahnheilkunde. Die Darstellung von hochfrequenten Wechselströmen gelang erstmalig N I C O L A T E S L A 1891 (nach B E E R (7)), der diese elektrischen Ströme von hoher Frequenz - die Schwingungszahlen erreichten eine Million pro Sekunde bei einer Spannung von mehreren 1000 Volt - eingehender Betrachtung unterzog. Der französische Physiologe A R S O N V A L 1892 (nach B E E R (7)) benutzte die Hochfrequenzströme zu seinen physiologischen Tierversuchen und stellte erhebliche Erwärmung, sogar Verbrennungen an den einzelnen Körperteilen der Tiere fest, die für ihn einen wertlosen Nebenfund bedeuteten. Er erkannte nicht die therapeutischen Möglichkeiten dieses Effektes. Das gelang dann (nach D I T T M E R (15)) v. Z E Y N E K und N A G E L S C H M I D T unabhängig voneinander durch Tierversuche und klinische Beobachtungen. v. Z E Y N E K bezeichnete die therapeutische Anwendung der Hochfrequenzströme als "Thermopenetration" und N A G E L S C H M I D T als "Diathermie"; letztere Bezeichnung hat sich bis heute durchsetzen können. Der große therapeutische Wert der Diathermie gegenüber den Gleich- und niederfrequenten Wechselströmen lag in der vollkommenen Reizlosigkeit auf die Körperzellen bei Stromdurchgang, während die anderen elektrischen Ströme zu Nerven- und Muskelreizungen führten, die durch Dissoziation der Zellflüssigkeit eintraten. Auf Grund dieser unangenehmen Begleiterscheinungen der Gleich- und niederfrequenten Wechselströme gelangten nur geringe Stromstärken zur Anwendung, die wenig Joulesche Wärme entstehen ließen und daher kaum meßbare Temperaturwerte ergaben.

Zunächst mißtrauten viele Praktiker den Hochfrequenzströmen. Ihnen waren die Röntgen- und Radiumverbrennungen bekannt und sie befürchteten dasselbe von den hochfrequenten Wechselströmen. Bald jedoch gewann die Diathermie durch die günstigen Erfolge viele Anhänger und fand Zugang in alle Zweige der Medizin.

Die Erwärmung des Körpers unter der Einwirkung der hochfrequenten Wechselströme beruht auf der physikalischen Eigenschaft des Stromes, elektrische Energie bei Überwindung des Widerstandes des Leiters in Wärme umzuwandeln. Das Gesetz von James Joule spielt dabei eine Rolle, nach dem die gebildete Wärmemenge in Beziehung zu Stromstärke, Widerstand des Leiters und Zeitdauer der Strömung steht. Das Gesetz lautet:

1. Die entstandene Wärmemenge W ist proportional dem Quadrat der Stromstärke i , z.B. erzeugt die doppelte Stromstärke die vierfache Wärmemenge.
2. Die entstandene Wärmemenge W ist proportional dem elektrischen Widerstand R des Leiters; bei gleicher Stromstärke wird bei doppeltem Widerstand die doppelte Wärmemenge gebildet.
3. Die entstandene Wärmemenge W ist proportional der Strömungsdauer t . Es ist somit:

$$W = K \times i^2 \times R \times t$$

W wird in Grammkalorien ausgedrückt; K ist eine Konstante von dem Wert 0,24, während Stromstärke i in Ampère, der Widerstand in Ohm und die Zeit t in Sekunden gemessen werden.

Die Tatsache, daß die doppelte Stromstärke die vierfache Wärmemenge erzeugt, lehrt Vorsicht bei Steigerung der Intensität, um keine übergroße Hitzeentwicklung zu erzielen. Die im Körper erzeugte Temperaturerhöhung läßt sich gleichfalls errechnen, sie besitzt für den behandelnden Arzt größtes Interesse. Die Temperatursteigerung ist außer von der zugeführten Wärmemenge noch von seiner Masse und von seiner spezifischen Wärme s abhängig; diesen beiden Faktoren ist bei gleicher Wärmemenge der Temperaturzuwachs umgekehrt proportional. Die Temperaturerhöhung von z Graden beträgt demnach durch die zugeführte Wärmemenge W :

$$Z = \frac{W}{m \times s} = \frac{K i^2 \times R \times t}{m \times s}$$

Der menschliche Körper besteht aus den verschiedenartigsten Geweben und stellt keinen homogenen Leiter dar, den dieses Gesetz voraussetzt. Die Widerstände der einzelnen menschlichen Gewebe berechneten W I L D E R M U T H und B U C K Y an isoliertem Gewebe (nach W A D E W I T Z (72)). W I L D E R M U T H setzte den spezifischen Widerstand einer 0,5 %igen Kochsalzlösung bei 18° C = 1 und erhielt folgende Werte:

Fettgewebe	:	19,4
Gehirn	:	5,5 - 6,8
Lunge	:	3,5
Leber	:	2,8
Haut	:	2,5
Muskel	:	1,2

B U C K Y (10) gibt die Widerstandsreihe der einzelnen menschlichen Körpergewebe entsprechend der Größe ihres Widerstandes ohne Zahlen an. Danach bietet der Knochen dem elektrischen Strom den größten Widerstand, während dieser dann über Fett, Haut, Muskeln, Nerven bis zu den Körperflüssigkeiten hin abnimmt. Allgemein ist der Widerstand eines Körpergewebes um so geringer, je höher sein Gehalt an Blut bzw. Serum ist (H E N S E L E R (31)). Da der menschliche Körper keinen gleichmäßig zusammengesetzten Leiter darstellt, wird auch der Widerstand je nach Art des Gewebes verschieden und infolgedessen die Erwärmung eine ungleichmäßige sein.

Der Widerstand ist außerdem noch abhängig von Länge und Querschnitt des stromdurchflossenen Leiters. Er wird um so größer, je länger der Leiter und je geringer sein Querschnitt ist.

Der Widerstand ist also:

$$R = \frac{\text{spezif. Wärme} \times \text{Länge des Leiters}}{\text{Querschnitt des Leiters}} = \frac{s \times l}{qn}$$

Für das Joulesche Gesetz bedeutet das:

$$W = K \times i^2 \times R \times t = \frac{K \times i^2 \times s \times l \times t}{qn}$$

Theoretische Berechnungen an lebenden Zähnen sind unmöglich, da Länge und Querschnitt der Wurzelkanäle infolge der Abweichungen von der anatomischen Form nicht anzugeben sind. K U P P E N H E I M (nach F L O H R (22)) schreibt darüber: "Es soll in diesem Zusammenhang erwähnt werden, daß der elektrische Widerstand des Wurzelkanalinhalt es keineswegs einen einheitlichen und zahlenmäßig genau angebbaren Wert hat, vielmehr hat man wegen der individuell sehr verschiedenen Längen und Querschnitte mit stark voneinander abweichenden Widerständen zu rechnen. Daher ist auch eine tabellarische Festlegung der Stromgaben nach Stärke und Dauer nicht möglich, da der Widerstand eine so variable Größe darstellt. Es besteht sogar ein Unterschied des Widerstandes bei saftreicher und koagulierter Pulpa bzw. zerfallener Pulpa, also während der Behandlung tritt eine Änderung seiner Größe ein".

Die erste medizinische Anwendung von Hochfrequenzströmen stellte die sog. Arsonvalisation dar, die heute nur noch historisches Interesse besitzt. Die dafür verwendeten Apparate lieferten einen intermittierenden hochfrequenten Wechselstrom von sehr hoher Spannung mit gedämpften Schwingungsgruppen und langen Pausen. Die Stromstärke erreichte kaum mehr als 100 mA, während

die Spannung bis auf 100 000 Volt anstieg. Für die Diathermiebehandlung benötigt man jedoch einen kontinuierlichen Hochfrequenzstrom, bei dem die einzelnen Schwingungen dicht aufeinander folgen und die Pausen nur kurz andauern. Das Problem, kontinuierliche oder ungedämpfte Hochfrequenzströme darzustellen, löste der dänische Ingenieur P O U L S E N (nach F L O H R (22)). Mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens gelang es ihm, Wechselströme von sehr hoher Frequenz und annähernd kontinuierlichem Verlauf zu erzeugen. Diese Ströme gestatteten die Herstellung von brauchbaren Diathermieapparaten, die den Anforderungen einer elektrischen Tiefendurchwärmung durchaus genügten.

Mit der Erfindung der sogenannten Löschfunkenstrecke durch den Physiker W I E N (nach F L O H R (22)) lag jetzt die maximale Stromstärke der Apparate bei 6000 mA und die Spannung bei etwa 100 - 300 Volt. Diese Werte verbesserten die Leistung des Diathermieapparates erheblich, zumal die Höhe der Stromstärke für den Grad der Tiefendurchwärmung von Bedeutung ist.

Die noch heute gebräuchlichen Diathermieapparate bestehen im Prinzip nach R U M P (59) "aus einem Schwingungskreis, der von einem Transformator mit Wechselstrom gespeist und durch die Entladungen in ein oder zwei Löschfunkenstrecken zu Schwingungen angeregt wird. Mit dem Erregerkreis ist ein zweiter Schwingungskreis, in den der Patient eingeschaltet wird, induktiv gekoppelt. Ein elektrischer Schwingungskreis besteht aus einem geschlossenen Leiterkreis, in dem sich eine Kapazität (eine Sammelvorrichtung für Elektrizität) und eine Selbstinduktionsspule befinden. Die Kapazität wirkt wie eine elastische Feder, die Selbstinduktion wie eine träge Masse. Ebenso wie ein solches mechanisches System zu Schwingungen befähigt ist, wenn es aus seiner Gleichgewichtslage gebracht wird, so kann auch die Elektrizität in einem Schwingungskreis durch Funkenübergänge (oder durch eine Elektronenröhre) in Schwingungen versetzt werden. Die Funkenentladung vollzieht sich wegen der Trägheit der Selbstinduktion unter schnellem Hin- und Herschwingen der Elektrizität durch die leitende Funkenbahn hindurch, so daß in dem Schwingungskreis ein sehr schnell oszillierender Strom entsteht. Ein elektrischer Schwingungskreis besitzt eine ganz bestimmte Eigenfrequenz, die von dem Produkt aus Kapazität und Selbstinduktion abhängt. Die Übertragung der Schwingungen des Erregerkreises auf den Patientenkreis erfolgt durch induktive Kopplung, d.h. durch Übereinanderschieben der beiden Spulen des Primärkreises und des Sekundärkreises, so daß die in der ersten oszillierenden Ströme entsprechende Ströme in der zweiten induzieren. Die Übertragung der Energie vom Erregerkreis zum Patientenkreis ist besonders gut, wenn beide in Resonanz sind, d.h. wenn die Produkte aus Kapazität und Selbstinduktion in beiden Kreisen gleich

sind. Die Abstimmung geschieht meist durch Änderung der Kapazität in dem einen Kreis, die Regulierung der Stromstärke im Patientenkreis wird durch Änderung der Kopplung oder mittels Widerständen vorgenommen; zur Messung der Stromstärke dient ein Ampéremeter".

2. Medizinische und chirurgische Diathermie

Die Widerstandswärme der Hochfrequenzströme gelangt in zwei Modifikationen zur Anwendung: als medizinische Diathermie zur einfachen Tiefendurchwärmung des Körpers und als chirurgische Diathermie zur Verkochung, zur Koagulation und zum Schneiden von Gewebe. Medizinische und chirurgische Diathermie beruhen auf denselben Grundlagen und unterscheiden sich nur im Grad der Anwendung. Diathermische Tiefendurchwärmung mit der günstigen hyperämischen Wirkung konnte auch in der Zahnheilkunde in vielen Fällen die Bestrahlungsampe ersetzen. Sie fand Verwendung nach operativen Eingriffen, bei Osteomyelitiden der Kiefer, bei der Dentitio difficilis des Weisheitszahn, bei Trigeminalneuralgien und besonders bei Störungen des Kiefergelenkes. Durch die kräftige Durchblutung der erwärmten Körpergebiete wird (nach SCHWELLENUS (65)) ein Abwandern der Mikroorganismen in die Tiefe verhindert. Daher ist bei akuten Entzündungen wie bei Ostitiden, Periostitiden und Lymphangitiden die medizinische Diathermie ein erfolgversprechendes Hilfsmittel. Viele Autoren berichten über einen raschen und schmerzlosen Heilungsverlauf in diesen Fällen. Chronische Entzündungsformen wie z.B. Periodontitis apikalis chronica bildeten einen weiteren Indikationsbereich für die medizinische Diathermie. Die Dosierung erfordert individuelle Anpassung. Durch Untersuchungen wurde festgestellt, daß die Temperatur durch Steigerung der Stromstärke bis höchstens 45°C erhöht werden darf.

Der Körperteil wird mittels fest auf die Haut aufgelegter gleichgroßer Metallelektroden in einen Hochfrequenzwechselstromkreis eingeschaltet und erfährt nun eine gleichmäßige Durchwärmung. Die beiden in der Größe übereinstimmenden Elektroden müssen parallel zueinander liegen bzw. sich genau gegenüberliegen. Bei dieser Lage der Elektroden kann auch eine ungleichmäßige Durchwärmung eintreten, wenn sich innerhalb des durchfluteten Gewebes der Widerstand ändert; ist dieser erhöht, dann tritt auch eine größere Erwärmung auf. Ist es erwünscht, einen Körperbezirk besonders intensiv zu durchwärmen, so kombiniert man eine kleine Elektrode mit einer größeren. Dadurch wird der Querschnitt des Leiters an der Eintrittsstelle verkleinert und an der Austrittsstelle vergrößert, um hier die Temperatur nicht zu steigern. Praktisch

gestaltet sich die Anwendung so, daß die kleinere Elektrode auf den am stärksten zu erwärmenden Bezirk zu liegen kommt. Die Elektroden weisen je nach ihrem Anwendungsbereich die entsprechende Form auf. Sie müssen auf der Haut völlig aufliegen, weil sonst Verbrennungen entstehen können; denn nur der aufliegende Teil läßt den Strom hindurch.

Wird die Größe einer Elektrode weitgehend geändert, so ist eine gleichmäßige Tiefendurchwärmung nicht mehr möglich. Es wird unter der kleineren Elektrode eine größere Stromdichte und damit eine größere Wärme entstehen, die bis zur Hitze gesteigert wird, wenn die kleine oder aktive Elektrode die Größe einer Nadelspitze annimmt. Das unter der Nadelspitze liegende Gewebe wird sofort verkocht und koaguliert. Für die Zerstörung krankhafter Gewebswucherungen durch mittels einer Nadel oder eines Knopfes zugeführter Hochfrequenzströme hat sich der Name "Kaltkaustik" eingeführt. Im Gegensatz zur Thermokaustik, d.h. dem Verschorfen mit dem Glüheisen oder durch den elektrischen Brenner wird bei der Kaltkaustik keine Hitze ausgestrahlt und der Patient nicht durch das Glühen der Elektrode geängstigt. Andere Vorteile gegenüber der Thermokaustik sahen die Praktiker in der minutiösen Dosierbarkeit mit dem Kaltkauter, dem Fehlen jeglicher Blutungen und der Vernichtung alles infektiösen Materials, wodurch eine Reinfektion unmöglich gemacht wird. S T U R M (68) benutzte zur Pulpenkoagulation eine ganz feine Millernadel als differente, kauterisierende Elektrode, die in einem isolierten Griff eingespannt wurde; als indifferente Elektrode verwendete er eine sogenannte Handelektrode. Auf diese große inaktive Elektrode kann (nach E B B E R S (17)) bei geerdeten Apparaten verzichtet werden. In diesem Falle stellt der Stuhl, auf dem der Patient sitzt, die Handelektrode dar. S T U R M (68) schreibt über die Koagulation, daß es mit der Nadel je nach Dauer der Einwirkung und Stärke des Stromes möglich ist, kleine punktförmige bis große Verbrennungen zu setzen und zwar dadurch, daß die Stromlinien durch die aufgesetzte Nadelspitze gezwungen werden, sich hier unter der Nadelspitze zu vereinigen. "Je länger der Strom einwirkt, um so mehr wird die Verkochung nach allen Seiten über die unmittelbare Berührungsfläche der Elektroden hinausgreifen. Es rührt dies daher, daß das bereits koagulierte Gewebe dem Strom einen sehr großen Widerstand bietet. Er sucht es daher nach allen Seiten zu umgehen, zu umfließen, wodurch der Koagulationseffekt in die Breite wächst, und zwar so lange, bis durch Gerinnung des Eiweißes auch hier der Weg für den Strom umgangbar wird" (K O W A R S C H I K (38)). Die Koagulation ist eine Eiweißfällung. Die Stromstärke für die Koagulation soll so gewählt werden (nach E B B E R S (17)), daß innerhalb etwa einer halben Sekunde eine Koagulation von der Größe 1 mm im Durchschnitt auf dem Zahnfleisch ent-

steht. Die koagulierte Stelle erhält ein weißes Aussehen. Diese Stromstärke genügt für fast alle Koagulationen in der konservierenden Zahnheilkunde, insbesondere zur lebenden Pulpenverkoagung, zur Desinfektion des Wurzelkanals bei Gangrän, zur therapeutischen Beeinflussung der Granulome und zur Fistelbehandlung. Pulpenblutungen können mit der stromdurchflossenen Millernadel gestillt werden, indem kurz tupfend die blutende Stelle berührt wird. Darüber berichten STURM (68), FLOHR (22), EBBERS (17) und andere.

Ein weiteres Anwendungsgebiet der chirurgischen Diathermie stellt die noch heute besonders in der Allgemeinmedizin gebräuchliche Elektrotomie dar, die Durchtrennung von Gewebe mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens. Der Indikationsbereich für den Hochfrequenzschnitt in der Zahnheilkunde ist nicht eng begrenzt. Er umfaßt (nach BEER (7) und SCHWELNUS (65)) Operationen wie Gingivektomie, Entfernung gefäßreicher Neubildungen, Zahnfleischlappen über den Weisheitszähnen, von benignen und malignen Tumoren, Probeexzisionen und Eröffnung von Abszessen.

3. Physiologie der Hochfrequenzströme

Die Diathermieströme nehmen wegen ihrer günstigen physiologischen Wirkungen eine besondere Stellung ein. Ihre völlige Reizlosigkeit und Unschädlichkeit für den Organismus im Gegensatz zu den Gleich- und niederfrequenten Wechselströmen versuchte NERNST (nach BEER (7)) in seinem Gesetz zu erklären: Die Reizwirkung des elektrischen Stromes auf die Nerven ist der Stromintensität direkt proportional und der Quadratwurzel aus der Stromfrequenz umgekehrt proportional:

$$\text{Reizwirkung} = \frac{\text{Stromstärke}}{\sqrt{\text{Frequenz}}}$$

d.h. also, daß die hochfrequenten Wechselströme die Körperzellen ohne elektrolytische Wirkungen passieren; bei der hohen Frequenz dieser Ströme reicht die Zeit des Einzelimpulses nicht mehr aus, eine Nervenreizung zu setzen. GILDEMEISTER (nach WADEWITZ (72)) beobachtete bei seinen Untersuchungen noch Reizstörungen durch Wechselströme mit einer Frequenz von 100 000, die jedoch endgültig aufhörten bei über 200 000 Schwingungen pro Sekunde.

Die aktive hyperämisierende Wirkung des Diathermiestromes mit ihren günsti-

gen Nebenerscheinungen betrachteten viele Autoren als weiteren großen Vorteil vor anderen Methoden. Denn mit der aktiven arteriellen Hyperämie ist eine Herabsetzung des Gefäßtonus verbunden, die eine Erweiterung der Blut- und Lymphgefäße bewirkt und dadurch eine rasche Resorption fördert. Da die Hyperämie auch eine schmerzlindernde Wirkung entfalten kann, wurden die Diathermieströme besonders im zahnärztlichen Fach sehr geschätzt. Die schmerzstillende Wirkung der Hochfrequenzströme sah man als eine charakteristische und spezifische an, die also nicht nur in der aktiven Hyperämie ihre Ursache hat. GOLDSCHEIDER (nach WADEWITZ (72)) glaubte, daß durch die Erregung der Wärmezentren eine Lähmung der schmerzleitenden Nervenfasern hervorgerufen wird. Mit der Schmerzlinderung ist gleichzeitig eine Beseitigung von Krampfständen durch die Hochfrequenzströme möglich, da diese bei Reizstörungen beruhigend auf motorische Nerven einwirken. Ob Diathermieströme eine spezifisch elektrische antibakterielle Wirkung besitzen, ist noch nicht vollständig geklärt worden. Zwar bewiesen verschiedene Autoren (LAQUEUR, v. ZEYNEK, KOWARSCHIK u.a.) durch Versuche eine starke Virulenzschwächung thermolabiler Bakterien; aber diese Schädigung beruhte wahrscheinlich auf der Aktivierung der natürlichen Schutz- und Abwehrkräfte im Organismus, die jetzt dem Körper im Vernichtungskampf beistehen. Bei der chirurgischen Diathermie werden alle Bakterien und auch Sporen durch die Nadel oder die Schlinge sofort koaguliert, also vernichtet.

II. SPEZIELLER TEIL

Die chirurgische Diathermie in der konservierenden Zahnheilkunde zur Pulpenkoagulation, Gangrän- und Granulombehandlung hat die Kritik zahlreicher Wissenschaftler und Praktiker herausgefordert. Ein äußerst umfangreiches Schrifttum - zwischen 1930 und 1932 erschien ein großer Teil aller Arbeiten - legt die Meinungen und Ergebnisse ihrer Erfahrungen dar. Die Ansichten der einzelnen Autoren bezüglich der Erfolge mit der Diathermie und der Behandlungsmethoden gehen auseinander. Die Ursache hierfür liegt in der Art der Behandlungsmethode. Schon in der Indikationsstellung zur Elektrokoagulation stimmen ihre Meinungen nicht überein. Wichtig ist die Tatsache, daß sehr verschiedene Urteile über das Verfahren der Behandlung des Wurzelkanals und des Periapex gefällt wurden. In der Literatur herrscht Uneinigkeit über den eigentlichen Vorgang der Koagulation, die Wirkung des Diathermiestromes auf das Gewebe, über Behandlungsmethoden, über Stromdosierungen und die Frage der Anästhesie.

Mit der Zeit und den gewonnenen Erfahrungen stellte man jedoch später allgemein fest, daß die chirurgische Diathermie für die Devitalisation einer Pulpa und bei Erkrankungen des Periapex nicht mehr in Betracht kommt (S T U R M (68) und seine Anhänger), wenn auch in diesen Fällen heute Praktiker mit langjähriger Erfahrung erfolgreich mit der Diathermie arbeiten. Die Gefahr einer Schädigung des Zahnhalteapparates ist sehr groß und bei Behandlung des Periapex die Aussicht auf Erfolg gering. Übrig bleibt nur die Anwendung der Kaltkaustik bei einer Gangränbehandlung im Zusammenwirken mit Medikamenten und als unterstützende Maßnahme nach Pulpenextraktion zur Kanalbehandlung. S T U R M (68) empfiehlt diese Art der Anwendung schon seit langer Zeit. In einer Veröffentlichung (1930) bezeichnete er die Koagulation einer lebenden anästhesierten Pulpa als sehr gefährvoll und rät aus Rücksicht auf das Parodontium davon ab. Die Pulpa soll wieder mit Arsen devitalisiert werden und anschließend die Kaltkaustik Verwendung finden. Kurze, tippende Stromgaben kauterisieren die Rißwunde am Apex, schaffen günstige Heilungsbedingungen und erreichen eine Desinfektion und Trocknung der Kanalwände. Er bezeichnet diesen Vorgang als "Fulgurisation" und stellt auch heute noch (s. Aufsatz von 1955) die Verwendung des Diathermiestromes in dieser Art durchaus als gleichwertiges Verfahren neben die Jonophorese. S T U R M (68) hält die Wirkungen der Kaltkaustik in den meisten Fällen der Jonophorese für gleichwertig und "besonders noch in den viel zahlreicheren Fällen der akuten und chronischen

Pulpitis für weit überlegen".

In neuester Zeit wird von K J A E R (35) über die Diathermie zur Wurzelbehandlung berichtet. Mit Hilfe des von ihm konstruierten "Joulisators" verbesserte er nach seinen Angaben das Behandlungsverfahren und kam zu sehr günstigen Resultaten. Auch andere Autoren arbeiteten mit dem Joulisator. Dieses etwas modifizierte Verfahren verdient besondere Aufmerksamkeit.

A. Diathermiebehandlung einer entzündeten Pulpa

1. Auswirkungen des Diathermiestromes auf Zahn und Umgebung

Die Devitalisation der Pulpa durch Elektrokoagulation stellte zunächst ein wichtiges Indikationsgebiet dar. Alle Autoren glaubten, die Pulpa in kurzer Zeit bis zum Apex devitalisieren zu können, wobei richtige Dosierung eine Schädigung des Parodontiums ausschließe. Die Vorstellungen über die Stromwirkungen auf Zahn und Knochen entsprachen nicht den wirklichen Vorgängen, da viele von der irrtümlichen Vermutung ausgingen, die Zahnhartgewebe entfalten eine genügende Isolationswirkung, um eine Erwärmung am Foramen apikale zuerst auftreten zu lassen. Sie glaubten, daß bei Stromschluß eine Koagulation zuerst am Apex eintrete und jede schädliche Wirkung der Ströme auf den Periapex ausgeschaltet werde.

S T U R M (68) schreibt 1955, daß er zu Beginn der neuen Methode von falschen Voraussetzungen ausgegangen sei und die Wirkung des Diathermiestromes auf die lebende Pulpa falsch beobachtet habe. Er glaubte, daß eine sofortige Koagulation aller Pulpenverzweigungen innerhalb der Wurzel bis zur umgebenden Wurzelhaut eintrete; die gefäßreiche Pulpa leite den elektrischen Strom in größerem Maße als das Wurzelentin, das sich nur gering erwärme. Anfangs devitalisierte S T U R M (68) eine infizierte Pulpa mit dem Hochfrequenzstrom, kehrte jedoch kurze Zeit später zum Arsen zurück. Seine Hoffnungen, daß eine Erstkoagulation am Apex eintrete und sich der Strom nur auf die Pulpa konzentriere (auf Grund der unterschiedlichen Widerstände zwischen Dentin und Pulpa), erfüllten sich nicht. Er beobachtete vielmehr eine gleichmäßige Erwärmung sowohl der Pulpa als auch des Parodontiums.

Gebrüder F L O H R (22) versuchten die Theorie der Erstkoagulation am Apex mit Versuchen zu erläutern. Ein mit Hühnereiweiß gefülltes Glasröhrchen, das sich nach der Spitze zu verjüngt, sollte die Zahnpulpa darstellen. Wird nun

die Elektrode in das obere Wurzelkanaldrittel eingeführt und Strom appliziert, ruft dieser an der Spitze sofort eine Koagulation hervor; hier laufen die Stromlinien zusammen, und somit entsteht die größte Wärme an diesem Punkt. Sie übertragen diesen Vorgang auf die menschliche Zahnpulpa, ohne dabei zu bedenken, daß in vitro eine Erstkoagulation am Apex wegen der absoluten Leitungsunfähigkeit von Glas für den elektrischen Strom eintritt und in vivo die Situation eine ganz andere ist. Die Zahnwände sind für den Strom keineswegs so undurchlässig wie Glas; der elektrische Strom kann als Bahn die Verzweigungen des Wurzelkanals, deren Pulpengewebe und die zahlreichen Dentinkanälchen benutzen. F E I L E R (21) stellte durch Versuche fest, daß beim Durchgang des Diathermiestromes eine Austrocknung rings um den Zahn erfolgt. Extrahierte Zahnwurzeln mit feuchtem Schinken oder Wachs umwickelt, zeigten in der ganzen Länge der Wurzel eine Austrocknung des Fleisches bzw. eine Erwärmung des Wachses. Er kam zu der Feststellung, daß die Diathermie durch die Wurzel hindurch Einwirkungen auf den Periapex bzw. auf die ganze Umgebung des Zahnes hervorrufen kann, die sogar in der Tiefe zu Veränderungen führen.

Die Auffassung von M Ü N Z S H E I M E R (54) über die Erstkoagulation am Apex deckt sich mit der von F E I L E R (21), F L O H R (22) u.a.. Er schreibt, daß die Verkochung zuerst an der engsten Stelle des Wurzelkanals, am Foramen apikale, beginne. Es trete eine Totaldevitalisation ein, da sich die Koagulation auf den ganzen Pulpenteil erstrecke. Diese irrtümliche Auffassung über die Vorgänge bei einer Koagulation wurde auch von anderen Praktikern vertreten. Mit exakten Untersuchungen von T H Ü N K E R (70) (an Hundezähnen), F A L K E N S T E I N (20) (an menschlichen Zähnen) u.a. konnten die tatsächlichen Vorgänge bei der Elektrokoagulation verfolgt und histologisch klargestellt werden. T H Ü N K E R (70) erklärte, die Angaben der Autoren bezüglich des Koagulationsvorganges stimmten leider nicht mit den Tatsachen überein. Die Pulpa koagulierte zuerst weder an ihrer engsten Stelle, noch lasse sie sich an der Koagulationsgrenze glatt abtrennen. Die Stromwirkung auf die Pulpa und die Umgebung erfolge vielmehr je nach dem Weg, den die Nadel im Kanal beschrieben hat. Unmittelbar unter der Nadelspitze und in deren Umgebung erfolge eine Koagulation. Leider besteht die Gefahr einer unerwünschten Hitzeeinwirkung auf das Parodontium auch bei geringen Stromstärken. In histologischen Schnitten konnte er in der Regio apikalis nur streifenförmige Koagulationszonen erkennen und schloß daraus, daß es nicht zur Koagulation der gesamten Pulpa komme. T H Ü N K E R (70) konnte auf Grund seiner experimentellen Untersuchungen keine Verbesserung der Wurzelbehandlungsmethoden durch das Diathermieverfahren feststellen.

Zu gleichen Resultaten kam F A L K E N S T E I N (20), der seine Untersuchungen mit chirurgischer Diathermie an extrahierten menschlichen Zähnen vornahm. Seine Ergebnisse decken sich mit denen T H Ü N K E R S (70). Er stellt fest, daß die Koagulationswirkung immer nur auf die Umgebung der Nadel beschränkt bleibt; nur bei stärkerer Einwirkung können entferntere Gebiete in den Randpartien geschädigt werden. F A L K E N S T E I N (20) beobachtete keine vollständige Verkochung der Pulpa im apikalen Bezirk, vielmehr nur partielle Koagulation bei üblicher Dosierung. In unmittelbarer Nähe der Nadel bildeten sich größere Koagulationsbezirke bzw. Verkohlungen infolge der Hitzeinwirkung. Sein abschließendes Urteil lautete: "Da wir aber in allen Fällen eine Koagulation im Kronenteil, also in der Nähe der Nadel, vorfinden, ohne daß es am Apex zu vollständiger Verkochung der Pulpa gekommen ist, kann man mit Recht annehmen, daß die Ergebnisse nicht eine Folge einer evtl. falschen Dosierung sein können, sondern daß die Leitungsverhältnisse im Zahngebewebe nicht derart sind, daß die Differenz der Widerstände der einzelnen Gewebe ausreicht, um die Koagulation der Pulpa zuerst an ihrer engsten Stelle hervorzurufen".

Interessant sind wohl auch die Tierversuche von G O T T L I E B und O R B A N (25), die über Veränderungen im Periodontium nach chirurgischer Diathermie an Hundezähnen berichteten. Die Applikation normaler Stromgaben oder auch Unterdosierungen bewirkten knöcherne Verwachsungen zwischen Wurzeloberfläche und Alveolarknochen. Die Verwachsungen entstehen durch Verknöcherung der Periodontalfasern teils von der Alveolenwand und teils von der Zahnoberfläche aus. Die Struktur des Aufhängeapparates konnte in diesen Knochenbrücken immer wieder erkannt werden. Beide Autoren versuchen diese Verwachsungen so zu erklären, daß bestimmte Bezirke der Wurzelhaut entsprechend dem Stromlinienverlauf absterben. In diese nekrotischen Abschnitte erfolgt eine Kalkablagerung in den Fasern selbst oder zwischen den Fasern. Es setzt Knochenbildung ein, die von den noch verschont gebliebenen Zellen ausgeht. Aus nicht nekrotisch veränderten Bezirken der Umgebung kann ein Knochenan- oder -abbau erfolgen. Histologische Untersuchungen ergaben bezüglich des Bindegewebes des Aufhängeapparates, daß zum größten Teil die Kernfärbung verlorengegangen war. Das Gewebe erschien nekrotisch. Die Einwirkung der Diathermie auf die Nerven des Periodontiums war ebenfalls sehr ungünstig; Myelinscheiden und Achsenzylinder waren größtenteils zerfallen oder geschrumpft. C S E R N Y E I (nach S C H W E L L N U S (65)) spricht von schweren Veränderungen in Form von Oedemen der Markräume, multiplen Abszessen und Anzeichen von lakunärer Resorption. Ein Hundezahn, mit Diathermie-

strom überdosiert, wurde nach 4 Tagen ausgestoßen. Er untersuchte nach 6 Monaten die Alveole dieses Zahnes und konnte im histologischen Bild nur teilweise Knochenneubildungen erkennen. Andere Forscher wie H E R M A N N, H E R Z, S C H M I D T, S T A D E L M A N N (nach S C H W E L L N U S (65)) berichten von Schäden an der Gingiva und der Wurzelhaut und Abstoßung von Sequestern und Zähnen.

2. Die Anästhesie bei der Pulpenkoagulation

Die Frage der Anästhesie bildete zwei Parteien mit entgegengesetzten Meinungen. Praktiker wie E B B E R S (17), S T U R M (68), W A S G I E N (73), K R I S T I A N S E N (40), W O L F F (76) und F L O H R (22) führen die Koagulation unter Anästhesie durch, um dadurch eine wesentliche Verkürzung der Behandlungszeit zu erhalten und die unter Umständen entstehenden Komplikationen einer Arseneinlage zu umgehen. Es ist wohl anzunehmen, daß ein Zahnarzt seine Patienten verlieren würde, wenn seine Methode ihnen Schmerzen bereitet, schrieb ein Autor. E B B E R S (17) glaubt, daß eine große Zahl von Zahnärzten die Anwendung der Diathermie zur Devitalisation lebender Pulpen deshalb ablehnt, weil zur Durchführung dieser Behandlung eine örtliche Betäubung erforderlich ist. Als Hauptargument gegen die Lokalanästhesie wird die Ablehnung durch den Patienten genannt. Auch wenn ein gewissenhafter Zahnarzt die Wünsche seines Patienten respektiert, muß er schließlich die Indikation nach seinem Gutdünken stellen. E B B E R S (17) will keinem Patienten Schmerzen bei einer Wurzelbehandlung zumuten. Eine entzündete Pulpa ohne Anästhesie freizulegen schmerzt oft nicht unerheblich; so ist eine Betäubung aus diesem Grunde erforderlich. Die Anwendung der Diathermie unter Injektion wäre nach S T U R M (68) ebenfalls vollkommen ungefährlich. Aber trotzdem empfiehlt er eine zweitägige Arseneinlage und anschließend das Abfunken der Kanalwände mit dem Hochfrequenzstrom. Gebrüder F L O H R (22) weisen auf die Ungefährlichkeit einer Koagulation unter Anästhesie hin; das Verfahren habe sich sogar vorzüglich bewährt, und die Warnung vor Ausführung der Diathermiebehandlung unter Lokalanästhesie sei gänzlich unbegründet.

Gegen eine Anästhesie sprechen B A L T E R S (3), L E V Y (43), K R Ü - G E R (41), F E I L E R (21), T H Ü N K E R (70), M Ü N Z E S H E I M E R (54), B A R T A (5), T R E B I T S C H (71) und H E N S E L E R (31). M Ü N Z E S H E I M E R (54) ist wohl der schärfste Gegner der Diathermiebehandlung unter Anästhesie. Er glaubt, durch die Reaktion des Patienten

eine sichere Kontrolle über die richtige Stromdosis zu erlangen. Da der Zahnarzt die Stromgaben auf die Empfindungen des Patienten abstimmen müsse, dürfe auf keinen Fall eine Betäubung vorgenommen werden. Denn "das sicherste Mittel zur Erkennung der optimalen Temperaturgrenze ist das subjektive Wärmegefühl des Patienten" (M Ü N Z E S H E I M E R (54)). Bei einer Anästhesie fehlen dem Zahnarzt die Patientenangaben, und bei falscher Stromdosierung, d.h. Über- oder Unterdosierung ist das ganze Verfahren wertlos. M Ü N Z E S H E I M E R (54) kam zu der Ansicht: "Es ist nicht übertrieben, daß man bei Anwendung der Diathermie im anästhesierten Gebiet nur mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit weiß, daß man falsch dosiert. Also weg mit einer so ungenauen Methode, besonders da sie durch die Anwendung von Arsen zu umgehen ist". Er glaubt, schwere Verbrennungen mit einem Schläge verhüten zu können, wenn auf eine regionäre Anästhesie verzichtet wird.

B A L T E R S (3), F E I L E R (21), T R E B I T S C H (71) verwenden Arsen oder führen eine Vitalexstirpation durch und greifen erst in einer zweiten Sitzung zur Diathermienadel. Sie glauben, daß eine Diathermiebehandlung unter Injektion sehr gefährlich werden kann. Da man auf das Gefühl des Patienten angewiesen ist, besteht nach einer Anästhesie die Gefahr einer Verbrennung. Außerdem fehlt der Kühlstrom des Blutes, so daß eine Erhitzung des Zahnes schneller eintritt als im normal durchbluteten Gewebe und somit keine Linderung bewirkt wird.

Eine Anästhesie ist auf alle Fälle erforderlich, wenn der Wurzelkanal zu zwei Drittel mit einer lebenden Pulpa ausgefüllt ist. Gesunde oder entzündete Pulpen erfordern eine gute Betäubung, um sie zu devitalisieren. Allerdings stellt das häufig eine schwierige Angelegenheit dar, so daß S T U R M (68) darin einen weiteren Grund sah, zur Arsenapplikation zurückzukehren.

3. Temperaturverhältnisse im Wurzelkanal während der Diathermiebehandlung

Die durch eine Koagulation hervorgerufene Temperaturerhöhung versuchten F L O H R, M Ü L L E R, N A G E L S C H M I D T u.a. (nach W A D E W I T Z (72)) festzustellen, da nur unklare Angaben über die tatsächlich erreichte Temperatur existierten. Wegen Fehlens guter Meßmethoden waren ihre Ergebnisse nicht einheitlich. Die Dentinwand, die den Strom oft besser leitet als der Kanal, nimmt nicht nur eine stärkere Erwärmung an, sondern auch das Parodontium und u.U. der umgebende Knochen. Es ist bekannt, daß normales gesundes Gewebe eine Temperatursteigerung von 6°C ohne Schaden erträgt. Für das Zahnsystem

bedeutet demnach eine Erwärmung der Zement-Periodontiumgrenze über 43°C eine "Verbrennung". Gebrüder F L O H R (22) hielten eine Temperatursteigerung sogar bis zu 60°C im Wurzelkanal für wahrscheinlich, ohne daß die Toleranzgrenze überschritten wird, da im Dentin wegen des größeren spezifischen Widerstandes eine größere Erwärmung möglich ist. M Ü N Z E S H E I - M E R (54) nahm einen ganz anderen Standpunkt ein: "Die Temperaturen werden schnell mehrere 100°C erreichen, wenn auch jeweils in sehr kleinen Bezirken". M A M L O K (46) vergleicht diesen Vorgang mit der Punktschweißung; durch die Analogie kann auf hohe Temperaturen geschlossen werden, aber es ist nichts bewiesen. Nach S C H L I J E C K E R S (61) Untersuchungen bestehen Temperaturschwankungen zwischen $37,5^{\circ}$ und 79°C am Nadelpunkt während der durchschnittlichen Zeitdauer von 3 Sekunden und dem gebräuchlichsten Widerstand.

Wie denn überhaupt lebendes Gewebe durch eine Koagulation verändert wird, war Gegenstand der Versuche von F E I L E R (21) und S T U R M (68), die ihre Beobachtungen an isolierten Fleischstückchen machten. Erst 1955 bringt S T U R M (68) einen Bericht über seine Versuche, der Auswirkung des Diathermiestromes im Wurzelkanal. Die Größe der Koagulation an Umfang und Tiefe hängt von der Dauer der Einwirkung des Stromes auf das Gewebe ab und von der Größe der Stromstärke. Seine Versuche veranschaulichen die verschiedenen Auswirkungen einer Verkochung, wenn die Zeit, Stromstärke oder Größe der Berührungsfläche der Elektrode mit dem Fleisch bzw. der Pulpa variiert werden. S T U R M (68) empfahl jedem Zahnarzt zu Beginn der Ausführung dieses Verfahrens Versuche mit der Millernadel am eigenen Körper durchzuführen, um überhaupt eine Vorstellung von den Auswirkungen zu bekommen. Er setzte zunächst die Spitze der Elektrodennadel bei einer geringen Stromstärke kurz tippend auf das Fleisch auf. Die erzielte Koagulation wurde als kleine weißliche Verfärbung von im Durchmesser etwa $3/4\text{ mm}$ sichtbar. Bei längerer Einwirkungsdauer des Stromes auf das Probestückchen nahm die Verbrennung an Größe und Tiefe zu. Berührt bei einer Koagulation nicht mehr die Nadelspitze sondern der Nadelschaft das Gewebe, so ist die Verbrennung an Größe und Tiefe geringer. Variationen zwischen Stromstärke, der Zeit und der Größe der Berührungsfläche mit dem Gewebe ergeben jeweils verschiedene Koagulationseffekte.

4. Stromdosierungen

Zur Kontrolle der Stromdosierung benutzten die Praktiker in den meisten Fällen ein Milliampèremeter, das einen Anhalt über die Stromabgabe bietet. Leider können die angegebenen Werte der Autoren nur als Grenzwerte betrachtet werden, die auf rein empirischem Wege gefunden wurden und von zu vielen veränderlichen Faktoren abhängig sind, als daß sie eine feste Norm erlaubten. Die Ursache ist in den physikalischen Verhältnissen des Zahnes zu finden. In einem engen Kanal wird eine bedeutend geringere Stromstärke erforderlich sein, um eine Pulpa zu koagulieren, als in einem weiten Kanal. Die völlig verschiedene Weite der Kanäle, der Zustand einer Pulpa (ob sie saftreich oder schon zerfallen ist) verbieten eine feststehende Stromdosierung. Hinzu kommen die nicht vorher erfaßbaren Unregelmäßigkeiten in einem Kanal wie Dentikel, Sekundärdentin, Hyperzementosen, amorphe Verkalkungen, Resorptionsvorgänge, Seitenkanäle und Verzweigungen in der Regio ramifikationis, die dem Hochfrequenzstrom sehr verschiedenen Widerstand bieten. Nach allgemeiner Auffassung verlangen sie eine sehr große Geschicklichkeit in der Stromdosierung, sonst kommt es zu Unter- oder Überdosierungen. (Unterdosierung führt zu unvollkommener Koagulation und mangelhafter Sterilität des Wurzelkanals, Überdosierung zu Verbrennungen).

Um die Gefahr einer Schädigung des Parodontiums zu verringern, propagieren BECKER (6), EBBERS (17), FEILER (21), KLEIN (36), GEBBERT (24), STURM (68) kurzdauernde, starke Stromstöße, sog. tippende Stromgaben, von 1/10 - 1 Sekunde Dauer, um die Erwärmung nur auf den Wurzelkanal zu beschränken. Es ist vorzustellen, daß diese tippenden Stromgaben mit dazwischen geschalteten längeren Pausen den Zahnhalteapparat mehr schonen als längere Stromgaben von geringerer Stromstärke. KLEIN (36) befürwortet den intermittierenden Hochfrequenzstrom; es ist ein fortwährend unterbrochener Diathermiestrom, der ohne besondere Schmerzhaftigkeit vom Patienten vertragen wird. Er beobachtete nach Anwendung dieses Stromes keine Zerstörungen im Parodontium, die er mit dem üblichen Verfahren in größerem Ausmaße hervorrief.

Nicht alle Zahnärzte verwenden das Milliampèremeter als Anzeiger für die Stromgaben. STURM (68) benutzt einen Drehkondensator, dessen Eichung empirisch in 1 - 10 Stufen erfolgt je nach der Wirkung des Stromes auf die Gingiva. Er lehnt das Milliampèremeter deshalb ab, weil der Zeiger noch 1 - 2 Sekunden hin und her schwingt, bis er ruhig ist. Das erschwere das Ablesen, da oft nur für 1/10 Sekunden Strom durchfließt. Unterstützend für einen günstigen Verlauf einer Diathermiebehandlung sind die Pausen zwischen den einzelnen Strom-

schließungen zu betrachten. Sie sollen eine Dauer von etwa 10 Sekunden haben, damit die Wärme durch das Blut abtransportiert werden kann.

5. Behandlungsmethoden

Die Methoden der Hochfrequenzkoagulation der Pulpa sind einheitlich, die Durchführung jedoch unterschiedlich. K R I S T I A N S E N (40) appliziert die Nadel in den Kanal, schaltet den Strom von 50 - 60 mA ein und schiebt die Nadel langsam bis zum Apex vor. Die Behandlung ist nach ungefähr 30 Sekunden beendet und eine vollständige Koagulation bis zum Apex erreicht.

S T U R M (68) geht etwas anders vor. Er appliziert die Nadel zuerst im untersten Drittel des Wurzelkanals und dann im mittleren und oberen Abschnitt bei jeweils 2 Sekunden Stromschluß bei einer von ihm empirisch bestimmten Stellung des Meßgerätes. Die erreichte Temperatur schwankt zwischen 100° - 160° C, eine viel zu gefährliche Erhitzung für Zahn und Umgebung.

H E N S E L E R (31) beginnt mit der Koagulation vom Wurzelkanaleingang aus. Durch dreimalige Stromgaben von ca. 70 - 100 mA mit eingeschalteten Pausen will er eine vollständige Devitalisation der Pulpa erreichen.

Gebrüder F L O H R (22) schieben die Nadel bis zum Foramen apikale vor und schalten dann einen Strom von 80 - 120 mA für 1 - 2 Sekunden ein. Die Pause soll 10 - 15 Sekunden dauern. Danach erfolgt eine weitere Stromgabe an dieser Stelle und zweimal von der Mitte des Wurzelkanals aus.

E B B E R S (17) gibt eine Stromdosierung von 40 - 80 mA an. Die Stromstöße sollen nicht länger als $1/2$ Sekunde an derselben Stelle erfolgen. Er führt die Nadel bis zum Foramen apikale, zieht sie dann etwa 1 mm zurück und schaltet den Strom ein. Nach kurzen Kühlpausen erfolgen an dieser Stelle 3 - 4 Stromschließungen, dann führt er die Nadel millimeterweise zurück. Die Koagulation muß an der Abrißstelle gründlich sein, weil unbedingt eine Verschorfung der Blutgefäße erreicht werden soll. Jeder einzelne Kanal erfährt diese Diathermieapplikation.

Bei Einwirkung des Diathermiestromes auf lebendes Gewebe leiten Flüssigkeiten (z.B. Blut) oder feuchtes Gewebe (s. Pulpa) den Strom viel besser als feuchtes Dentin oder Knochen. Trockenes Gewebe oder trockenes Dentin stellt sogar einen Nichtleiter dar. Aber trotzdem ist eine Schädigung bzw. eine Koagulation des Osteozyten möglich, wenn der Diathermiestrom bei größerer Stromstärke mehrere Sekunden auf einen Punkt des trockenen Dentins einwirkt. Ver-

lust des Zahnes oder zumindest knöcherne Verwachsungen der Wurzel mit dem Alveolarknochen können die Folgen sein. Dentin ist nicht als verlässliches Isoliermittel für den elektrischen Strom zu werten. S T U R M (68) empfiehlt, die Nadel immerfort über das feuchte Dentin hinwegwandern zu lassen und nicht auf einem Punkt zu verharren.

Nach Koagulation erfolgt die Exstirpation. Ein oft gepriesener Vorteil dieses Verfahrens war die mühelose totale Exstirpation, da die verkochte Pulpa keine Schwierigkeiten bei der Ablösung von den Kanalwänden bereitet. (Der Ausdruck "Verkochung" ist irreführend, denn für die Pulpa ist gar keine Verkochung notwendig, sondern nur eine Eiweißfällung; diese soll nach F L O H R (22) angestrebt werden, nicht aber eine Überhitzung bis zum Garkochen). Die Autoren H E N S E L E R und P R I N Z (31) berichteten, daß die Pulpa durch die Koagulation zäher wird; durch den gebildeten Wasserdampf wird ihr Volumen verringert und die Pulpa infolge dieser Tatsache von den Kanalwänden etwas abgehoben.

E B B E R S (17) beschreibt die Exstirpation als nicht schwierig, da sich die Odontoblastenfortsätze durch das Auskochen bereits in den Dentinkanälchen gelockert haben. Eine totale Exstirpation ist in den allermeisten Fällen möglich. Die koagulierte Pulpa, behauptet E B B E R S (17), sei voluminöser und größer als sonst üblich. Eventuell auftretende Blutungen, die eine ungenügende Koagulation verraten (nach E B B E R S (17)), können mit dem Hochfrequenzstrom gestillt werden. Gebrüder F L O H R (22) sind derselben Ansicht, daß die Exstirpation viel leichter vonstatten geht als nach alleiniger Arsenbehandlung, da "mit dem Auskochen der Pulpa auch die Tomes'schen Fasern mitkoaguliert werden, so daß sie ihre Widerstandskraft gegenüber der Exstirpation wesentlich einbüßen. Wir beobachten, daß die Pulpa gerade an der Koagulationsgrenze abreißt, und die dadurch geschaffene glatte Wundfläche ist wohl ein Grund mit für die günstigen Erfolge im Gegensatz zu den zerrissenen Wundoberflächen, wie wir sie ohne Zweifel mit unseren Pulpenextraktoren bei der anderen Methode erhalten".

Einer vollkommen gegensätzlichen Anschauung ist K R Ü G E R (nach S C H W E L L N U S (65)). Nach seinen Feststellungen gibt es keine erleichterte Exstirpation durch Diathermie, da die Pulpa ihren Zusammenhang und ihre Festigkeit verloren hat, nicht nur durch die Verkochung an sich, sondern dadurch, "daß an den direkten Berührungspunkten der Elektrode mit dem Zahn, wo also die Pulpa nur eine dünne Zwischenschicht bildet, ein Verkohlen eintreten muß. Es wird unter diesen Bedingungen kaum möglich sein, die Pulpa in toto zu entfernen. Außer einer partiellen Verkochung der Pulpa wird offenbar nichts

Positives erreicht".

Sehr wichtig ist nach der Devitalisation die Bildung einer Demarkationszone; sie soll eine exakte Grenze zwischen totem und gesundem Gewebe darstellen und den glatten Abriß bei der Exstirpation erleichtern. Die Frage, ob die Hochfrequenzströme eine Demarkationslinie zuwege bringen, hat in der Fachwelt auch zu teils positiven teils ablehnenden Antworten geführt.

T H Ü N K E R (70) z.B. zweifelte auf Grund seiner Versuche an Hundezähnen die Bildung einer solchen Linie an, die beim Arsen allerdings vorlag. Die Zeit wäre bei einer Koagulation viel zu kurz, als daß der Organismus so schnell die Bildung zuwege bringt.

Die Demarkationszone stellt eine Schutzgrenze des Körpers dar. Nach Exstirpation soll das Wurzelfüllmaterial nicht auf die Wunde wegen evtl. Reizungen gebracht werden, sondern auf eine Narbe, die nachher bindegewebig umgewandelt wird. B A L T E R S (3) sieht in der Schaffung einer frischen Wundfläche durch die Exstirpation ein Gefahrenmoment der Diathermiebehandlung. Koagulierte oder nicht koagulierte Pulpenteile werden von der Nadel ohne Unterschied exstirpiert und damit eine Wunde an der Abrißstelle gesetzt. Ob sich dort gerade die Koagulationsgrenze befindet, sei dahingestellt.

Bei Überdosierung tritt Verkohlung des Kanalinhaltes ein; dieser zerbröckelt und bereitet große Schwierigkeiten bei seiner Entfernung. Er nimmt Medikamente nur gering auf, während geronnenes Gewebe besonders flüssige Pastenteile sehr schnell anzieht.

Nach der Exstirpation erfolgen genügende Reinigung der Kanäle mit den üblichen Medikamenten und vollständige Trocknung, um dann die Wurzelfüllung zu legen. Viele halten es für unwichtig, den Kanal vollständig aufzubereiten. Es genügt nach ihrer Meinung, wenn er etwas erweitert wird, so daß das Auffüllen eines Wurzelfüllmaterials überhaupt möglich ist.

Die Wirkung des Diathermiestromes auf Bakterien ist sehr umstritten. Zunächst bestand die Ansicht, der Hochfrequenzstrom schädige entzündungserregende Bakterien in ihrer Virulenz oder vernichte sie sogar. W A S G I E N S (73) bakteriologische Prüfungen ergaben folgendes Resultat: "Fast immer ließen sich Bakterien in mehr oder minder großer Menge auf den Nährböden nachweisen, ein Beweis dafür, daß die bis zur Toleranzgrenze notwendige Stromstärke nicht ausgereicht hat, um die in den Dentinkanälchen weit eingedrungenen Bakterien restlos zu vernichten". Bei Restpulpitiden sind die Erfolge in bakteriologischer Hinsicht weitaus günstiger. E B B E R S (17) schreibt, wahrscheinlich werden die im Wurzelkanal vorhandenen Bakterien mittels der chirurg-

gischen Diathermie eher vernichtet als bei Arsenapplikation. Gebrüder F L O H R (22) halten eine gänzliche Sterilität nur bei völlig offenem Foramen apikale für möglich. Ihre bakteriologischen Kontrollen ergaben in den Fällen einer Pulpitis keinerlei Wachstum von Mikroorganismen. Sie treten nach ihren Erfahrungen nicht mehr für eine Exstirpation ein, sondern befürworten das Amputationsverfahren, da sie auch mit dieser Methode ausgezeichnete bakteriologische Erfolge erzielten. Sie sehen darin einen großen Vorteil für die aseptische Pulpa, da diese während der Behandlung nur wenige Minuten der Infektionsgefahr ausgesetzt ist. Bei einer Exstirpation und anschließender Wurzelfüllung besonders an Molaren ist eine Einschleppung von Keimen viel eher möglich.

Es besteht ein Unterschied zwischen der Behandlung einer sterilen und einer infizierten Pulpa. Bei einer sterilen Pulpa soll die Koagulation nur eine Ablösung von der Kanalwand bewirken, bei einer infizierten Pulpa kommt noch eine Sterilisation des Kanalinhalt hinzu. Um dieses Ziel zu erreichen, wird verschiedentlich empfohlen, den Kanal nach der Exstirpation mit einem Medikament mit starker kapillärer Adhäsion aufzufüllen. Die aktive Elektrode verdampft das Medikament, das nun in die Dentinkanälchen hineindiffundiert. Die bakterizide Wirkung des Antiseptikums wird etwa auf das 20-fache erhöht. M A M L O K (nach B E E R (7)) appliziert in diesem Falle einen Strom von 50 - 60 mA für 2 - 3 Sekunden. Er glaubt, daß die Bakterien nach Anwendung leicht flüchtiger Medikamente schon bei 50° C zugrunde gehen.

Auf Grund der Gefährlichkeit für den Zahnhalteapparat bei Devitalisation der Pulpa mittels Diathermie wurde allgemein Abstand von dieser Methode genommen. S T U R M (68) legte in einem früheren Aufsatz (1930) die großen Nachteile dieser Methode zur Devitalisation auseinander. Nur wenige Praktiker, an der Spitze E B B E R S (17), ziehen die Diathermiekkoagulation der Arsenapplikation vor. Die chirurgische Diathermie wird nur noch zur Erleichterung der Exstirpation oder zur Erzielung einer besseren Sterilisierung angewandt. S T U R M (68) beschreibt den Behandlungsvorgang. Nach Exzision der entzündeten Pulpa wird der Wurzelkanal mit Perhydrol desinfiziert und dann getrocknet. Jetzt erfolgt Applikation des Hochfrequenzstromes. Bei gleichbleibender Stromstärke und dauernd eingeschaltetem Strom fährt die Nadel den Kanal etwa 5 - 6 Mal auf und ab, zunächst das 1. Kanaldrittel, anschließend das 2. und 3. Drittel. An den Berührungspunkten der Nadel mit der Kanalwand verdampft das noch vorhandene Perhydrol und desinfiziert gleichzeitig diese Partien. Die Nadel bleibt dabei 2 mm vom Apex entfernt, auch wenn sie die apikalen Verzweigungen mitdesinfizieren soll. S T U R M (68) erreicht durch

kurze, tippende Stromgaben einen "vollkommen trockenen und bestens desinfizierten, ja sterilen Apex" und die von anderen Autoren abgelehnte Koagulationszone: "Die minimalen verschorften Pulparestes und die koagulierten Blutreste und Wundsekret bilden nur eine 1/2 mm dicke aseptische Wand bis zum Perizement". Sogar bei Molaren glaubt er an eine restlose Koagulation aller mikroskopischen Verzweigungen bis zum Perizement. Die so gebildete Koagulationszone ist die beste Schutzdecke für die Exzisionswunde besonders gegen das Wurzelfüllmaterial, das sich an die trockene Koagulationswand im Apex und an die Dentinwand anlagern kann. Seine Erfolge sind bei der meist einphasisch aseptischen Pulpitisbehandlung fast 90 %ig. Mißerfolge können nur eintreten bei rechtwinklig abgebogenen Wurzelspitzen, nicht sorgfältigem Aufsuchen des Apex oder einer übersehenen Blutung. Eine Röntgen-Aufnahme während der Wurzelbehandlung mit eingeführter Nadel kann jedoch so manchen Mißerfolg ausschalten.

Bezüglich der Vorteile der Elektrokoagulation anderen Wurzelbehandlungsmethoden gegenüber wird fast einstimmig die außerordentliche Kürze der Behandlungszeit angeführt. Fälle von infizierten Pulpitiden benötigen nur eine Sitzung. Einen anderen Vorteil der Diathermiebehandlung erblicken Gebrüder F L O H R (22) im Fehlen der Verfärbung des Zahnes. Da bei der Exstirpation keine Blutung auftritt, kann sich auch kein Blutgerinnsel bilden. Sie sind von der restlosen Vernichtung aller Mikroorganismen bei Pulpenverkoagung überzeugt und führen die bakterizide Wirkung des Hochfrequenzstromes als einen besonders großen Vorzug an. E B B E R S (17) hebt die schmerzlose Behandlung hervor, die auf den Patienten sehr günstig wirkt. Er hält auch die Gefahr der Nachblutung für sehr selten und betont die relativ einfache Entfernung der Pulpa im Ganzen. Bei richtiger Diathermieanwendung hat E B B E R S (17) kaum Restpulpitiden beobachtet. Der Hochfrequenzstrom devitalisiert die ganze Pulpa und schließt damit diese Möglichkeit aus. Die Behandlung der Restpulpitiden mittels Diathermie bildet einen weiteren Indikationsbereich.

Eine wesentliche Weiterentwicklung der Diathermiebehandlung soll nach K J A E R (35) das Verfahren der Joulisierung, eine elektrische Wurzelbehandlung nach neuen Gesichtspunkten, darstellen. Es wird mit Wärme gearbeitet, die unter vollständiger Kontrolle steht; sie vergrößert durch die Erwärmung auf 70 - 80 ° C die Reaktionsgeschwindigkeit der Medikamente und potenzient dadurch ihre Wirkungen. Damit ermöglicht sie eine Koagulation der Pulpa unter Anästhesie, da die auftretende Wärme in der Pulpa mit dem sog. Joulemeter kontrolliert werden kann. Das neu konstruierte Gerät - der Jouli-

sator - gewährleistet eine Behandlung in 1 Sitzung, die aus folgenden Phasen besteht:

1. Elektrokoagulation und Exstirpation; die schwache Koagulation schädigt weder den Knochen noch die Wurzelhaut.
2. Säuberung mit H_2O_2 und Desinfektion mit Chloramin in Verbindung mit der Joulisierung.
3. Wurzelmessung und Wurzelfüllung.

K J A E R (35) schreibt darüber: "Die Behandlungsmethode vereinigt die Möglichkeit der Diathermie, Medikamente zu erwärmen, sie wirkungsvoll zu machen und dadurch dauerhafte Erfolge und kürzere Behandlungszeiten zu erreichen, mit der Temperaturmessung der Joulisierung, die Schmerzlosigkeit und Vermeidung von Schäden sichert".

Indiziert sind alle Fälle von Pulpitiden, einfache und komplizierte Gangrän mit periapikalen Erscheinungen.

B. Diathermiebehandlung des infizierten Wurzelkanals

1. Bewertung des Verfahrens zur Gangränbehandlung

Das wichtigste Anwendungsgebiet der chirurgischen Diathermie stellt die Behandlung infizierter Zähne dar. Der weitaus größte Teil der Autoren bezeichnet die Hochfrequenzströme als erfolgreichste und zuverlässigste Behandlungsmethode für die Sterilisierung putrider Zähne mit mehr oder weniger großen periapikalen Veränderungen; gegenüber den allgemein gebräuchlichen, medikamentösen Wurzelbehandlungsmethoden besitzen sie unvergleichlich größere Vorzüge, besonders da sie die Mikroorganismen im Wurzelkanal und in den Dentinkanälchen in wenigen Sekunden vernichten und dadurch die Behandlungszeit bedeutend verkürzen. Leider hat auch dieses Verfahren zur Gangrän- und Granulombehandlung nicht eine restlose Lösung des schwierigsten Kapitels der zahnärztlichen Wurzelbehandlung gebracht, sondern mußte noch einige notwendige Einschränkungen erfahren. Es entsprach nicht der Tatsache, wie anfangs angenommen wurde, daß der Diathermiestrom (nach S C H W E L L N U S (65)) auch die Bakterien in nicht aufbereiteten Kanälen der Regio ramifikationis erreicht und eine Sterilisation herbeiführt. Die Stromeinwirkung erfolgt nur

in der nächsten Umgebung der Nadel, so daß Durchgängigkeit des Wurzelkanals bis zum Foramen apikale Voraussetzung für die Behandlung ist. Diese Forderung wurde von vielen Praktikern aufrechterhalten. Außerdem wird der Strom bei Vorhandensein mehrerer Seitenkanäle den Kanal mit dem geringsten Widerstand zum Abfluß wählen (nach dem Kirchhoff'schen Stromverzweigungsgesetz), während die übrigen Kanäle nicht sterilisiert werden (nach SCHWELL - NUS (65)). Trotzdem werden die Haupterfolge der Diathermiebehandlung in der konservierenden Zahnheilkunde der Gangränbehandlung zugeschrieben. Diese beruhen nicht nur auf weitgehender Desinfektion des Wurzelkanals, sondern auf gleichzeitiger Beeinflussung des pathologisch veränderten periapikalen Gewebes durch die physiologischen Wirkungen des Hochfrequenzstromes. Es sind wieder zwei Gruppen mit unterschiedlichen Ansichten aus der Literatur zu ersehen. Abgesehen von einer vollständigen Ablehnung des Verfahrens zur Gangränbehandlung sind ein großer Teil Zahnärzte von der Desinfektion sogar Sterilisation aller Dentinkanälchen überzeugt, auch wenn schon der Periapex mitinfiziert ist. Die andere Gruppe wendet den Hochfrequenzstrom nur in den Fällen an, in denen ein gängiger Kanal vorliegt und der Apex auf dem Röntgenbild noch keine Veränderungen zeigt. Unter den Gegnern der Diathermiebehandlung infizierter Wurzelkanäle und chronischer Periodontitis befinden sich ADLOFF, GROßMANN, HELD und WASGIEN (nach DITTMER (15)), die angeben, keine Sterilisierung der Wurzelkanäle erreicht zu haben. Andere Autoren, unter ihnen FRIEDBERG (23), berichten von einer Sterilisation der Kanäle in einigen Fällen, im allgemeinen aber verhalten sie sich den Hochfrequenzströmen gegenüber skeptisch.

Die Keimfreiheit bzw. Sterilität von Wurzelkanälen nach Diathermiebehandlung wurde verschiedentlich experimentell nachgewiesen und von Praktikern wie Gebrüder FLOHR (22), KRAMP (39), v. MADARASZ (45), SCHLIJECKER (61) und WADEWITZ (72) bestätigt. Befürworter der Gangränbehandlung mit Diathermie (E b b e r s (17), Gebrüder FLOHR (22), KLEIN (36), STURM (68) u.a.) sehen in einem vollständig durchgängigen Kanal eine unerläßliche Bedingung für die erfolgreiche Durchführung der Behandlung. Dagegen glauben FEILER (21), MÜNZES - HEIMER (54), KRISTIANSEN (40), WADEWITZ (72) u.a. auch bei gekrümmten und undurchgängigen Kanälen eine günstige Beeinflussung des apikalen Gebietes zu erreichen. MÜNZESHEIMER (54) ist überzeugt, daß die Undurchgängigkeit des Wurzelkanals kein Hindernis für eine Desinfektion bedeutet.

2. Bakteriologie

Das Ideal einer Wurzelbehandlung bedeutet die Vernichtung aerober und anaerober Keime im Wurzelkanal und in seinen Verzweigungen.

Bei einer Gangrän setzt sich die Flora (aus Diss. S C H W E L L N U S (65)) zum Hauptteil (95 %) aus Streptokokken zusammen und nach F I S C H E R - S C H I C K (nach S C H W E L L N U S (65)) aus Anaerobiern, die die Ursache für das Entstehen schwerer Krankheitsbilder bei Pulpagangrän darstellen. Es sind nach S C H E E R (60):

1. Mikrokokkus F I S C H E R - S C H I C K (er verursacht die Gasbildung und ist gegen höhere Temperaturen sehr empfindlich).
2. Bazillus emphysematosus dentium (F I S C H E R - S C H I C K) stark pathogen.
3. Bazillus putrificus.

Nur thermolabile Keime werden von der bakteriziden Wirkung des Diathermiestromes in therapeutischen Dosen beeinflusst, nicht aber Strepto- und Staphylokokken. (Streptokokkus lacticus wird erst nach 20 Minuten Einwirkungsdauer und bei einer Temperatur von 55° C abgetötet.) Die Zement-Periodontiumgrenze verträgt jedoch nur eine Erwärmung bis auf 43° C ohne Schaden. Somit ist ohne Anwendung von Desinfektionsmitteln eine Vernichtung der wärmebeständigen Keime nicht möglich. F R I E D B E R G (23), W A S G I E N (73) u.a. führten bakteriologische Untersuchungen durch, um die Desinfektionskraft des Hochfrequenzstromes zu erforschen. Sie kamen zu dem Resultat, daß alleinige Verwendung der Diathermie zu keiner vollständigen Sterilität des infizierten Wurzelkanals und den Verzweigungen führt. Im Zusammenwirken mit chemischen Desinfizientien (allgemein benutzten die Praktiker Hypochlorit, Chloramin-Heyden, Neoantiformin, Kaliumbichromat, Kalilaugenlösung oder das von E B B E R S (17) verwendete Pulpolyt (ein 10 %iges Kaliumhyperchlorid) wurde die bakterizide Wirkung des Diathermiestromes weitgehend unterstützt und in dieser Methode ein sehr wichtiges Moment der modernen Gangränbehandlung mit Diathermie gesehen.

Chloramin, das vielfach verwendet wurde, entwickelt eine hohe bakterizide Wirkung schon bei geringer Temperatur (Erwärmung von 20° C auf 50° C bewirkt 20fache Steigerung der Wirkung). Nicht jedes Desinfektionsmittel ist für die Diathermiebehandlung geeignet. Es muß folgende Eigenschaften besitzen (zit. nach A N - D E R S E N (1)):

1. Die Lösung muß den Strom leiten
2. unschädlich sein für das periapikale Gewebe
3. starke bakterizide Wirkung ausüben
4. das Maximum von bakterizider Wirkung bei 50°C bis 60°C entwickeln
5. in gasförmigen Zustand übergehen können.

Die Erhitzung eines Medikamentes im Wurzelkanal durch die Diathermienadel stellt nicht das Wichtigste bei einer Gangränbehandlung dar, sonst könnte nach allgemeiner Ansicht eine einfache heiße Nadel zum gleichen Erfolg führen. M O L N A R (50) behandelte etwa 4000 Gangränfälle mit dem Hochfrequenzstrom und berichtete über seine Resultate; (er ließ den Strom von 35 - 50 mA mehrmals für 3 bis 5 Sekunden einwirken). Zähne, die er mit dem Thermokauter behandelte, vertrugen keinen festen Verschuß, jedoch wohl die Zähne, die einer Diathermierung unterzogen wurden. Er verwandte als Elektrolyt Chloramin-Heyden. Dem Thermokauter fehlt die biologische, stoffwechsselfördernde, lymphogene und die Virulenz der Keime herabsetzende Wirkung des Diathermiestromes.

Es ist schon darauf hingewiesen worden, daß bei einer Gangränbehandlung nur Zähne mit vollständig durchgängigem Kanal einer Diathermiebehandlung unterzogen werden dürfen. Daher wurden Molaren in den meisten Fällen von der Indikation ausgeschlossen. Wegen der rein lokalen Wirkung des Diathermiestromes wird verständlicherweise die Wärme in den Dentinkanälchen rasch abnehmen. Das Hygienische Institut Leipzig (1931) konnte feststellen, daß ein Auskeimen der in den Dentinkanälchen ruhenden Kolonien einsetzte. Durch eine nachfolgende Diathermiebehandlung wurden die Keime jedoch restlos zerstört.

3. Anästhesie

Eine Anästhesie ist bei der Gangränbehandlung nicht erforderlich, da das zerfallende Gewebe keine intakten Nervenbahnen mehr besitzt, die die Schmerzempfindung weiterleiten können (nach S C H W E L L N U S (65)). Während bei der Elektrokoagulation der Pulpa von Autoren (wie K R I S T I - A N S E N (40), Gebrüder F L O H R (22), F E I L E R (21), L E V Y (43), E B B E R S (17), S T U R M (68) u.a.) Dosierungsangaben gemacht

werden, richtet sich der Zahnarzt bei der Gangränbehandlung nach der Toleranzgrenze (d.i. die Temperaturgrenze, die eben noch als angenehm empfunden wird). Es wurde also nach der Schmerzempfindung des Patienten dosiert.

F E I L E R (21) macht die individuelle Toleranzgrenze von folgenden Faktoren abhängig:

1. von der Weite des Foramen apikale
2. von der Entfernung der Spitze der aktiven Elektrode vom Foramen apikale
3. von der Dichte des Wurzeldentins
4. von der Zahngattung
5. von der Konstitution der Zähne.

G R A B A R S (26) veröffentlichte seine Ergebnisse aus einer Reihe von Untersuchungen über die Toleranzgrenze bei Sterilisierung infizierter Wurzelkanäle. Er stellte fest, daß diese Grenze bei gangränös erkrankten Zähnen erheblich höher liegt als bei pulpitischerkrankten Zähnen infolge Fehlens von nervösen Elementen. Die Toleranzgrenze nimmt zu mit der Größe des Herdes; aus ihrer Höhe kann dann auf die Größe des Herdes geschlossen werden. Diese Toleranzgrenze ist für jeden Zahn nach G R A B A R S (26) eine Konstante. Die geringste Überschreitung führt sofort zum Reiz, ein für den Patienten unangenehmes stechendes Gefühl. Sie ist abhängig:

1. von der Höhe und dem Querschnitt der im Wurzelkanal befindlichen Desinfektionsflüssigkeit
2. von der Zahngattung
3. von dem Alter des Patienten
 - a) von der Weite des Foramen apikale
 - b) von der Dichte des Wurzeldentins
 - c) von der Verdichtung der Zementstruktur
4. von der Erkrankung des Zahnes und seiner Umgebung.

Die Aufstellung bestimmter Richtlinien in der Stromdosierung ist nicht möglich. Skeptiker sehen darin einen Nachteil der Methode, denn die Stromdosierung nach der Toleranzgrenze zu bestimmen ist durch Hypersensibilität oder Indolenz des Patienten erschwert (nach S C H W E L L N U S (65)). Es kommt auf die Geschicklichkeit und Anpassungsfähigkeit des Praktikers an jeden einzelnen Fall an.

4. Behandlungsmethoden

Die kombinierte Anwendung der Diathermie und chemisch bakterizider Mittel hat bei einer großen Zahl Praktiker brauchbare Resultate geliefert. Vielfach wurde die Behandlungsmethode von E B B E R S (17) in einer modifizierten Form zum Vorbild genommen, die sich (zit. nach S C H W E L L N U S (65)) etwa wie folgend abwickelt:

1. Eröffnung des Zahnes und vorsichtige Reinigung des Kavum;
2. Abfunken (Fulgurisieren) des Kavum, darauf millimeterweise fortschreitendes Abfunken des Kanals, um ein Durchstoßen der gangränösen Massen durch das Foramen apikale zu vermeiden;
3. Einpumpen von chemischen Desinfizientien in den Kanal;
4. Einführen der Millernadel in den Wurzelkanal, soweit es die anatomischen Verhältnisse gestatten und Stromgabe. Es muß die individuelle Toleranzgrenze eingehalten werden.
5. Absaugen des Kanalinhaltes, Einpumpen von neuen Medikamenten und erneute Stromgabe.
6. Zugabe von H_2O_2
7. Absaugen der Flüssigkeit mit Papierspitzen
8. Austrocknen des Kanals mit Alkohol.

E B B E R S (17) läßt nach der Durchführung der Behandlung nur dann nicht die Wurzelfüllung in dieser Sitzung folgen, wenn er eine Sekretion aus dem Apex feststellt. In allen übrigen Fällen braucht er für die Behandlung mit dem Diathermiestrom nur eine Sitzung. Es handelt sich aber hierbei nur um unkomplizierte Gangränfälle.

S C H E E R (60) z.B. nimmt bei schwacher Gangrän eine Alkoholkontrolleinlage vor, bei starker Gangrän eine Einlage mit Chlorphenol getränkter Papierspitze und eine zweite Diathermiebehandlung. Er legt erst die Wurzelfüllung bei völliger Geruch- und Sekretlosigkeit und dem Fehlen jeder klinischen Reaktion. Gebrüder F L O H R (22) legen bei apikalen Reizerscheinungen eine milde antiseptische Einlage, wie sie auch F E I L E R (21), K L E I N (36) und S T U R M (68) angeben. Bei Absonderung von Sekret aus der Apexgegend verzichten Gebrüder F L O H R (22) auf einen endgültigen Verschluß des Kanals in der ersten Sitzung und applizieren noch einmal den Diathermiestrom; die Sekretabsonderung soll als Flüssigkeitsbrücke zum apikalen Gewebe dienen und den Strom gut leiten. F E I L E R (21) saugt jedoch das Sekret sofort ab und füllt den Zahn in der dritten Sitzung endgültig ab.

S T U R M (68) führt seine Gangränbehandlungen mit der Methode des Kauteri-

sierens und Abfunkens der feuchten Kanalwände und des Apex durch. Vor der Behandlung empfiehlt er eine Säuberung des Kanals von den verfaulten Eiweißmassen, damit diese durch den Strom nicht verkohlen und zerbröckeln. Bei richtig eingehaltener Dosis soll aber keine Verkohlung zu erwarten sein. K L E I N (36) will durch Erwärmung histolytischer Mittel im Wurzelkanal den zerfallenen Inhalt auflösen. S T U R M (68) erweitert zunächst den Wurzelkanal bis zum Apex. Anschließend reinigt er gründlich mit 50 %igem HCL. Nach oberflächlicher Austrocknung der Kanalwände wird der Hochfrequenzstrom zur Desinfektion verwendet. Unter kurzen tippenden Stromstößen von 35 - 60 mA Stromstärke fährt die Elektrode schrittweise die Kanalwände auf und ab. S T U R M (68) stößt die Nadelspitze mehrmals in den Apex (aber nicht darüber hinaus), um möglichst viele Berührungspunkte mit den Ramifikationen zu erhalten. Der Strom soll nur jeweils Bruchteile von Sekunden eingeschaltet sein. Die verkochenden HCL-Reste an den Kanalwänden üben eine desinfizierende Wirkung aus. Nach mehrmaliger Stromgabe (6-8mal) legt er eine Einlage für die Dauer von ungefähr 14 Tagen, um dann in der folgenden zweiten Sitzung die eben beschriebene Behandlung zu wiederholen. S T U R M (68) legt die Wurzelfüllung bei völliger Sekretlosigkeit im Anschluß daran. Im anderen Falle muß nochmals eine Sitzung wiederholt werden. S T U R M (68) glaubt bei Anwendung dieser Technik eine Verkochung des Sekrets im Hauptkanal und seinen Verzweigungen zu erreichen. Es werden dabei die Bakterien vernichtet und somit Keimfreiheit gewährleistet. S T U R M (68) schreibt darüber: "So haben wir im Kaltkauter ein Mittel gefunden, um dabei auf den wichtigsten Teil bei der Wurzelbehandlung, auf die Apexgegend, wirksamer und genau dosiert einwirken zu können, als durch die bisherigen allein üblichen chemischen Mittel und soviel rascher (2 Sitzungen für eine Gangränbehandlung) und besser eine Wurzelbehandlung zu Ende führen können". S T U R M (68) spricht von sehr günstigen Ergebnissen: "In 70% der Fälle verschwinden die Granulome vollständig, etwa in 7 - 8% der Fälle werden sie größer durch zystische Entartung, und in den übrigen Fällen bleiben sie unverändert". Er braucht für diese Behandlungsmethode pro Kanal (inklusive Wurzelfüllung) etwa 25 Minuten; jedoch muß schon Übung vorhanden sein, sonst kann trotz Wahrung der Asepsis ein Mißerfolg eintreten.

K R I S T I A N S E N (40) wählt das Diathermieverfahren zu der Behandlungsmethode, wenn die übliche medikamentöse Behandlung nicht mehr zum Ziele führt. Gerade bei gekrümmten und verzweigten Wurzelkanälen und bei Infektionen der Apexgegend kommt er mit Hilfe des Hochfrequenzstromes zum Ziel. Die Behandlung erstreckt sich nur auf eine Sitzung, in der sich auch bei größeren ostitischen Prozessen die Wurzelfüllung anschließt. Nach seiner Ansicht ist eine Sterili-

sation des Wurzelkanals immer dann möglich, wenn die genügende Dosis verwendet wurde. K R I S T I A N S E N (40) sieht in der Diathermie den Fortschritt aller Wurzelbehandlungsmethoden und zwar deshalb, "weil die Diathermie eine kräftigere und vor allem eine schnellere bakterizide Wirkung besitzt als die üblichen medikamentösen Wurzelbehandlungsmethoden, indem sie eine Tiefenwirkung erzeugt, die eine bakterizide Beeinflussung auf das Gewebe, welches außerhalb des durch den Wurzelkanal zugänglichen Gebietes liegt, ermöglicht; teils durch die starke Erhitzung (Koagulation) des Entzündungsherdes, teils indirekt durch die starke Hyperämie des ferner liegenden Gewebes. Die Diathermiebehandlung bietet daher in Verbindung mit der mechanischen Ausräumung eine leichte und schnelle und daher wirtschaftliche Methode zur Behandlung von infizierten Wurzelkanälen und deren pathologischen Folgeerscheinungen, und darin liegt die praktische Bedeutung der Diathermie".

Gebrüder F L O H R (22) beschäftigten sich eingehend mit der Behandlung infizierter Zähne mittels chirurgischer Diathermie. Sie haben durch verschiedene Veröffentlichungen zur Klärung dieses Problems beigetragen. Bezüglich der Gangränbehandlung gehen sie mit ihren Forderungen strenger vor als z.B. K R I S T I A N S E N (40). Sie verlangen, besondere Aufmerksamkeit der Regio apikalis zuzuwenden und eine weitaus strengere Indikationsstellung vorzunehmen. Daher schließen sie in den meisten Fällen Wurzelbehandlungen an Molaren von der Indikation aus. Sie schreiben: "Der Hauptgrund des klinischen und bakteriologischen Erfolges ist und bleibt die exakte Technik der Wurzelbehandlung selbst". Bei unpassierbaren Kanälen ziehen sie die Extraktion vor, da in diesen Fällen die Diathermie nicht weiterhilft, die auch nur ein unterstützendes Hilfsmittel darstellt.

Fast alle Autoren fordern eine Wurzelbehandlung unter aseptischen Kautelen. Auch bei einem jauchigen Kanalinhalt muß mit sterilen Instrumenten gearbeitet werden. Die Gangränbehandlung, wie sie die Gebrüder F L O H R (22) durchführen, fußt auf der Wirkung bakterizider Mittel im Wurzelkanal und wickelt sich in folgender Form ab: Der Zahn wird in gewohnter Weise vorbereitet. Dann erfolgt Stromapplikation bis zur Toleranzgrenze (je nach Wurzelkanalverhältnissen mehrere Stromdosen von 35 - 65 mA Stromstärke für 15 - 30 Sekunden) im ersten, zweiten und dritten Kanaldrittel. Anschließende mechanische und chemische Aufbereitung (mit Hypochlorit und 2 %iger Chloraminlösung), die durch Stromgaben unterstützt wird, ist unbedingt erforderlich. Sie saugen das zuletzt eingepumpte Chloramin mit Papierspitzen ab und trocknen den Wurzelkanal aus. Dann folgt in der Regel die Wurzelfüllung.

Die bakteriologischen Resultate der Gebrüder F L O H R (22) widersprechen denen W A S G I E N S (73). Dieser Autor verlangt eine Kontrolle des behandelten Wurzelkanals, ob eine Sterilität erzielt wurde. Er füllt den betreffenden Zahn mit Bouillon auf und verschließt ihn für einige Tage. Danach wird der Zahn geöffnet und Untersuchungsmaterial abgeimpft. W A S G I E N S (73) bakteriologische Ergebnisse waren leider positiv. Gebrüder F L O H R (22) widersprechen dem und halten W A S G I E N S (73) Kontrollmethode für ungeeignet; der Befund muß schon positiv werden wegen der Sekretion aus dem Granulationsherd, auch wenn zuerst sterile Verhältnisse vorlagen. Ihre bakteriologische Kontrolle fällt etwas anders aus: Extraktionsreife infizierte Zähne behandelten sie mit dem Diathermiestrom, legten sogleich die Wurzelfüllung und extrahierten die Zähne nach 2 - 3 Wochen. Die abgeschnittenen Wurzelspitzen zerteilten sie und warfen sie in Bouillon. In der Mehrzahl der Fälle bestand Keimfreiheit.

W A S G I E N (73) beurteilt den Wert der Diathermie bezüglich der Erfolge bei der Gangränbehandlung als gering. Er geht von seinen bakteriologischen Resultaten aus und lehnt auf Grund der Ergebnisse die Diathermiebehandlung ab. W A S G I E N (73) fordert eine gründliche bakteriologische Prüfung der mit Hochfrequenzströmen behandelten Fälle, da nur eine bakteriologische Untersuchung für die Beurteilung einer Methode in Betracht kommt. Röntgenkontrollen sind ungenügend, da trotz negativem Befund ein stark infizierter Apex vorliegen kann. Er führte eine Reihe von Behandlungen an gangränösen Zähnen durch und untersuchte dann bakteriologisch, ob die bis zur Toleranzgrenze gesteigerte Stromstärke ausreicht, vollständige Sterilität im Wurzelkanal und seinen Verzweigungen zu erreichen. Es war nach seinen Berichten leider nicht der Fall. W A S G I E N (73) vertritt den Standpunkt, daß bei einer oberflächlichen Infektion des Dentins die Anwendung des Diathermiestromes durchaus zum Ziel führt, nur bei schwer infizierten Zähnen versagt dieses Verfahren wie jedes andere auch; in den Fällen zieht er die chirurgische Behandlung vor.

C. Die Granulomverkochung

1. Über die Koagulation apikaler Herde

Die Diathermiebehandlung chronischer apikaler Paradentitiden und die sog. Granulomverkochung hat neben begeisterten Befürwortern zahlreiche Ablehnungen zu verzeichnen und ist sehr umstritten, sogar verschiedentlich als unmöglich

bezeichnet worden.

Bei der Ausheilung periapikaler Prozesse kann der Herd entweder (nach B E E R (7)) durch Einführung der Nadel über das Foramen apikale hinaus direkt angegangen werden, oder es ist zu entscheiden, ob die Behandlung durch Verminderung des Bakteriennachschubs aus dem Wurzelkanal durch eine gute Wurzelfüllung ausreicht.

B E C K E R (6), F E I L E R (21), K L E I N (36), K R I S T I A N S E N (40), M Ü L L E R (51) und P R I N Z (31) stoßen die Nadelelektrode durch das Foramen apikale direkt in das Granulom, nach Möglichkeit bis zur Mitte des Herdes und schalten dann den Strom ein. Dieser wird bis zur Toleranzgrenze gesteigert. Sie wollen keine vollständige Verkochung verursachen, sondern nur eine Verschorfung der Oberfläche und ein Aufhören der Sekretion.

F E I L E R S (21) Veröffentlichungen befassen sich eingehend mit diesem Problem. Er ist von einer Ausheilung der chronischen Prozesse an der Wurzelspitze mit dem Hochfrequenzstrom überzeugt und führt in ausführlichen Aufsätzen seine positiven Resultate an. Nicht nur bei stark infizierten Zähnen führe die Diathermie zum Erfolg, sondern besonders auch bei der Paradentitis apikalis will er sie angewandt wissen. Über die Wirkung des Hochfrequenzstromes schreibt er:

"Seine Wirkung ist von zweierlei Art. Das eine Mal handelt es sich um eine desinfizierende antibakterielle Wirkung im Wurzelkanal, in den Verzweigungen und Verästelungen der Regio ramifikatoria und in den dem Wurzelkanal anliegenden Dentinkanälchen, das andere Mal um die veröden- und koagulierende Wirkung auf die in dem periapikalen Raum befindlichen Granulationsmassen und die Beschleunigung der Resorption ihrer Sekrete, die zu einer raschen und völligen Ausheilung auch großer periapikaler Herde führt".

F E I L E R (21) lehnt wegen der Gefahr einer Verbrennung die Anästhesie ab und dosiert nach Angaben des Patienten. Da dem "Granulom" nervöse Leitungsbahnen fehlen, die Umgebung jedoch genügend nervös versorgt ist, unterlaufen ihm kaum Überdosierungen. Der Hochfrequenzstrom hat nach seiner Meinung einen besonders großen Wert für die Fälle, in denen einfache Drainagebehandlung mit Antiseptika nicht zum Ziele führt, die Sekretion infolge ostitischer apikaler Prozesse nicht zum Stehen kommt und der betreffende Zahn keinen Verschuß verträgt. Der faulige Geruch verschwindet schon nach der ersten Diathermierung, und der Zahn kann in den allermeisten Fällen sofort einen festen Verschuß vertragen.

Die Diathermie vermag in den Granulationsmassen eine Tiefendesinfektion zu erreichen, daneben teilweise direkte Verödung der Granulationen. F E I L E R (21) äußert sich dazu: "Es kommt zu einer Umstellung der bisher schlaffen Granulationsmassen, die sich in einer vermehrten Tendenz zur Narbenbildung und Ausheilung kennzeichnet. Die Tatsache, daß das Röntgenbild eine knöcherne Neubildung bereits nach kurzer Zeit (nach 3 - 6 Monaten auch bei größten Granulationsherden) zeigt, ist schlagender Beweis für die außerordentliche Tiefenwirkung und die direkte Beeinflussung der Granulationsmassen in den ostitischen Herden".

K R I S T I A N S E N (40) und K L E I N (36) empfehlen die Koagulation der Granulome. K R I S T I A N S E N (40) verfährt bei der Behandlung apikaler Prozesse auf die Art, daß er mit den Stromgaben über die Toleranzgrenze hinausgeht bis zur Schmerzempfindung und einen Strom bis zu 4 Minuten appliziert. Er füllt nach der Diathermiebehandlung den Wurzelkanal mit AgNO_3 ab; das gefällte Silber leitet den elektrischen Strom.

Die Gebrüder F L O H R (22) halten die Methode von K R I S T I A N S E N (40) für nicht ganz nachahmenswert. Sie belassen es bei einer Verschorfung am Rande des Herdes, die sie mit Hilfe der aktiven Elektrode hervorrufen. Unter Einschaltung von Pausen darf es bei 3 - 4maliger Stromgabe nicht zu ausgesprochener Schmerzempfindung kommen; es tritt dann eine Verschorfung ein. Im allgemeinen negieren sie wie S T U R M (68), W A S G I E N (73), M A M L O K (46) u.a. die direkte Granulomverkochung. Sie befürchten Schäden des Periodontiums und sogar Schäden am Alveolarknochen. S T U R M (68) will insofern von einer Einwirkung des Diathermiestromes auf die Granulationsmassen reden, wenn die Elektrode nur bis zum Apex geführt wird, aber durch Weiterleitung der Wärme über den Apex hinaus die Koagulation des Granuloms eintritt. Zur Verkochung eines Herdes an der Wurzelspitze ist die Kontrolle durch das Auge unbedingt notwendig, sonst ist das Verfahren zwecklos und schädlich. Nicht nur S T U R M (68) sondern auch E B B E R S (17) vertritt diesen Standpunkt, wenn es sich um die Koagulation eines größeren Herdes handelt. E B B E R S (17) geht bei Durchführung dieser Behandlung auf dieselbe Art vor wie bei einem einfach infizierten Wurzelkanal. Nur appliziert er nach Säuberung des Kanals bei der letzten Fulgurisation kurze Stromstöße über das Foramen apikale hinaus. Der Patient wird auf den kleinen und kurzen Schmerz aufmerksam gemacht. Beim Legen der Wurzelfüllung bemüht er sich, das Material bis in das Granulom hineinzupressen, "um auch eventuell wandständige Bakterien auf diese Weise schneller zu beeinflussen" (E B B E R S (17)).

W A S G I E N (73) sieht in einer größeren oder gar völligen Verkochung api-

kaler Granulationsmassen ohne Schädigung der Umgebung eine Unmöglichkeit. Die Lage eines Granuloms ist nicht genau zu bestimmen, da sie zum größten Teil unregelmäßig um die Wurzelspitze herum angeordnet sind. Seine bakteriologischen Untersuchungen erstreckten sich auch auf koagulierte Granulome. Er wies in seinen Kontrollpräparaten massenhaft Bakterien nach. W A S G I E N (73) verlangt in den Fällen, in denen größere Bezirke des Periodontiums infiziert sind, die Durchführung der Resektion.

M Ü N Z E S H E I M E R (54) sieht in der Koagulation apikaler Prozesse eine überflüssige Maßnahme, da ein Herd auch ohne Diathermiebehandlung ausheilen kann und zwar dann, wenn kein bakterieller Nachschub mehr aus dem Wurzelkanal erfolgt. Allerdings muß durch gründliche Desinfektion des Wurzelkanals mit dem Diathermiestrom die primäre Infektionsquelle beseitigt und eine Reinfektion durch eine exakte Wurzelfüllung ausgeschlossen werden. Ein abwehrkräftiger Organismus soll mit den im Granulom befindlichen Bakterien allein fertig werden.

P R I N Z (31) warnt vor einer Verödung des Granuloms vom Wurzelkanal aus wegen der Verbrennungsgefahr. Der Strom breitet sich nach Passieren des Foramen apikale diffus in das umliegende Gewebe aus. Eine Strommenge, die zur Koagulation der Granulationsmassen im nicht anästhesierten Gebiet führt, ist bereits mit schweren Schädigungen an der Wurzelhaut verbunden, die sich schon während der Behandlung in einem unerträglichen Wärmegefühl anzeigen. Teilweise werden die Gefahrenmöglichkeiten im anästhesierten Gebiet für wahrscheinlicher gehalten, da die Stromdosierung gänzlich unkontrollierbar ist. Die Wärme wird erst in der Empfindungszone verspürt, und dann ist bereits das Periodontium durch das Dentin hindurch zerstört. P R I N Z (31) führt wie F E I L E R (21) die Nadel durch den Apex direkt in den Herd; das Gebiet ist nicht anästhesiert. Verspürt der Patient einen Schmerz, so ist die Grenze zum gesunden Gewebe erreicht. P R I N Z (31) zieht nun die Nadel etwas zurück und appliziert einen Strom geringerer Stärke, aber von längerer Dauer. Im anderen Falle versucht er vom Foramen apikale aus die Granulationen zu verkochen, wenn er sie infolge ungünstiger Lagerung nicht erfassen kann. Bei einer eventuellen Überdosierung sieht P R I N Z (31) für den Zahn und seine Umgebung keine unangenehmen Folgen eintreten. Wenn auch geringe Schmerzen nach der Koagulation gesunden Gewebes bestehen, klingen sie in spätestens 14 Tagen ab. Durch die Erhitzung soll im Herd eine größtmögliche Keimarmut erreicht und der Bakteriennachschub verhindert werden. Eine Zerstörung des pathologisch veränderten Gebietes ist nach seiner Meinung weder möglich noch notwendig.

2. Histologische Betrachtungen

Histologische Untersuchungen über die Veränderungen im Granulationsgewebe nach Elektrokoagulation stammen von E I S E N L O H R (18). Er berichtet von gelbbraunen homogenen bis grobscholligen Strukturen und einzelnen verkohlten Gewebstrümmern, die als Ausdruck primärer Gewebsschädigung an den Stellen stärkster Hitzeeinwirkung zu betrachten sind. Nach Ansicht K Ü C K E N S (nach S C H W E L L N U S (65)) sind diese aus "nekrotisch verkohltem Gewebe, geronnenem Blut und ausgetretenen Blutzellen" entstanden. Diese degenerativen Strukturen bedecken einen durch Hitzewaben und -spalten gekennzeichneten Gewebsbezirk. Charakteristische Veränderungen wie Hyperchromasie, Pyknose und Schrumpfung müssen nach E I S E N L O H R (18) nicht zu den Folgen einer Diathermieeinwirkung gerechnet werden; sie finden sich auch bei Verbrennungen mit dem Thermokauter. Nach Stunden bildet sich neben dieser primären Nekrosezone die Zone der sekundären Gewebsschädigung aus. Es ist ein sog. Brand-schorf, durch dessen chemotaktischen Reiz auf die Umgebung Leukozyten in die Maschen des Schorfs eindringen. Im Heilstadium kommt es zu einer Bindegewebs-neubildung, die von der Peripherie ausgeht. Nach Abkapselung des Nekroseher-des wird der Sequester abgebaut.

Die Schäden im Knochen äußern sich in einer dichtzelligen Infiltration der Markräume und in Knochennekrosen, die als Folge schwerer Gefäßschädigungen und damit einhergehender Ernährungsstörungen aufzufassen sind. E I S E N - L O H R (18) weist auf die bekannten Untersuchungen von G O T T L I E B und O R B A N (25) hin, die über Schäden an Zahn und Umgebung nach einer Diathermiebehandlung berichten. Der Knochen besitzt wegen seines großen elektrischen Widerstandes und wegen der eigenartigen Zirkulationsverhältnisse eine Überempfindlichkeit; daraus geht hervor, wie gefährlich eine direkte Berüh-rung der aktiven Elektrode mit dem Knochen werden kann.

Von den Gegnern einer direkten Koagulation periapikaler Granulationen wird angeführt, daß einfache anatomische Überlegungen eine Granulomverkoagung ab- lehnen müssen. Die Lage eines Herdes kann nicht genau angegeben werden, und das Röntgenbild vermag nicht mehr als einen Anhalt zu vermitteln. Schließlich ist die Lokalisation der Prozesse sehr verschieden und diese sind wiederum abhängig von den pathologischen Gegebenheiten. Es ist (nach S C H W E L L - N U S (65)) somit eine gefährliche Behandlung, wenn F E I L E R (21), P R I N Z (31) u.a. mit der Diathermie eine Verkoagung vornehmen und je nach dem Schmerzempfinden des Patienten Strom geben. Schäden des Alveolarknochens müssen eintreten, wie es die Erfahrungen lehrten. Warum, fragen Gegner, wen- det P R I N Z (31) erst ein derartig gefährliches Verfahren an, wenn er zu-

gibt, daß einfachere Methoden wie Sterilisation des Wurzelkanals und bakterien-
dichte Wurzelfüllung zu einer erfolgreichen Therapie ausreichen. Schließlich
erklärt P R I N Z (31), es komme trotz der Diathermiebehandlung apikaler
Prozesse häufig zu Abszedierungen, die eine Inzision erforderlich machen. Wa-
rum dann noch die Umständlichkeit der Koagulation, wenn es auf Umwegen doch
zu einem chirurgischen Eingriff kommen könne. Es wird bezüglich der Granulom-
verkochung häufig angeführt, daß entzündliche Vorgänge am Periapex durch ein-
wandfreie Kanalbehandlung und Wurzelfüllung gehemmt werden können, obwohl es
längere Zeit dauert, und dazu wäre die Elektrokoagulation nicht erforderlich.

III. KRITISCHE BETRACHTUNG

Neben anderen Verfahren stellt die Pulpenkoagulation durch den Hochfrequenzstrom eine Devitalisationsmethode dar. Der Strom soll das erkrankte Gewebe im Wurzelkanal und dessen Verzweigungen bis zum Foramen apikale vollständig verkochen. Dabei darf jedoch die Umgebung des Zahnes, der Zahnhalteapparat, nicht in Mitleidenschaft gezogen werden. Leider führt jedoch die Devitalisation der Pulpa durch den Diathermiestrom in vielen Fällen zu Wurzelhautverbrennungen.

Bei diesem Verfahren ist einmal die für eine Koagulation der Pulpa gerade ausreichende Stromdosis nicht mit Sicherheit zu ermitteln. Der elektrische Widerstand des Wurzelkanals und seines Inhaltes stellt keinen konstanten Wert dar. Er schwankt je nach der Länge und dem Querschnitt des Wurzelkanals und nach dem Zustand der Pulpa. Es besteht ein Unterschied zwischen dem Widerstand einer saftreichen und dem einer schon zerfallenen Pulpa. Außerdem ändert sich der Widerstand auch während der Behandlung. Schließlich verbieten die von Fall zu Fall wechselnden Zahnverhältnisse eine tabellarische Festlegung der Stromgaben. Auch die möglichen Unregelmäßigkeiten im Zahngewebe wie Dentikel, Sekundärdentin und amorphe Verkalkungen stellen Unsicherheitsfaktoren dar.

So ist die Stromdosierung dem Ermessen und der Erfahrung des Behandelnden überlassen. Als Anhaltspunkte können die Angaben des Patienten dienen. Es wird nach der Toleranzgrenze dosiert. Diese ist jedoch infolge Hypersensibilität oder Indolenz des Patienten nicht sicher zu bestimmen. Im anästhesierten Gebiet fehlen dem Behandelnden die Angaben des Patienten für die Stromdosierung gänzlich, so daß über- oder auch unterdosiert werden kann. Die Folgen einer Überdosierung des Stromes zeigen sich als Verbrennungen des Zahnhalteapparates und u.U. in einem späteren Ausstoßen des Zahnes. Bei einer Stromunterdosierung wird der Wurzelkanal nicht ausreichend sterilisiert.

Bei der Hitzeentwicklung im Wurzelkanal entfalten die Zahnwände keine Isolationswirkung. Die Verkochungswärme beschränkt sich somit nicht auf den Kanalinhalt bis zum Apex. Auch die gesamte Umgebung des Zahnes erwärmt sich gleichmäßig. Sogar bei geringen Stromstärken besteht die Gefahr der unerwünschten Hitzeeinwirkung auf das Parodontium. Gesundes Gewebe verträgt eine Steigerung seiner Temperatur um höchstens 6°C . Die Erwärmung der Zement-Periodontiumgrenze darf somit nicht über 43°C reichen. Bei dieser Temperatur gerinnt jedoch noch keine der zahlreichen Eiweißverbindungen, die den Hauptbestandteil der Pulpa bilden. Diese muß also höher erwärmt werden. Leider ist der im Wur-

zelkanal auftretende Temperaturanstieg nicht zu kontrollieren. Nur an dem später eintretenden Mißerfolg ist die Überdosierung zu erkennen.

Die Verkochung der Pulpa wird mittels einer in einem isolierten Griff angeordneten Millernadel durchgeführt. Man schiebt die Nadel unter mehrmaligen Stromgaben und dazwischen geschalteten Kühlpausen bis zum Apex hoch, um mit allen Gewebsteilen in Berührung zu kommen. Die Koagulationswirkung des Stromes beschränkt sich ja auf die Umgebung der Nadel. Das Ziel der Pulpenverkochung ist jedoch die vollständige Vernichtung auch aller Verzweigungen, und diese gelingt nicht immer. Dann bleiben unverkochte Reste zurück, die als infiziert bezeichnet werden müssen.

Eine weitere Schwierigkeit besteht in der fehlenden Übersicht über die Lage der Elektrode im Kanal. Die Nadel darf nicht über das Foramen apikale hinausgeschoben werden, sie muß aber andererseits bis in das obere Kanaldrittel hineinreichen. Leider kennt der Behandelnde ohne Röntgenmeßaufnahme weder die Länge des Wurzelkanals noch die jeweilige Lage der Nadel im Wurzelkanal. Außerdem sind die Beträge, um die die Nadel in ihrer Achsrichtung verschoben werden muß, so gering, daß schon aus diesem Grunde ein genaues Arbeiten nicht möglich ist.

Die Devitalisation der Pulpa durch den Diathermiestrom erfolgt also nach nicht genau festlegbaren Richtlinien. Das andere Anwendungsgebiet der Diathermie stellt die Desinfektion eines infizierten Wurzelkanals mit dem Hochfrequenzstrom dar, also als Hilfsmittel zur Gangränbehandlung.

Die typische Gangrän ist eine faulige meist feuchte Nekrose der Pulpa. Streptokokken, Staphylokokken, Spirillen, Spirochaeten, Leptotrichen und Fäulniserreger bedingen eine massive Infektion des Wurzelkanalsystems. Eine Therapie kann nur dann Erfolg haben, wenn das ganze Wurzelkanalgebiet gründlich gereinigt und durch chemische und auch physikalische Mittel und Vorgänge desinfiziert ist. Voraussetzung der Behandlung ist die vollständige Aufbereitung der Wurzelkanäle bis zum Apex, damit anschließend gereinigt und desinfiziert werden kann. Bleiben jedoch infizierte Gewebsreste zurück, so ist ein Mißerfolg wahrscheinlich.

Die Diathermie sucht die Keimfreiheit im Wurzelkanalsystem dadurch zu erreichen, daß durch Einführen einer Elektrode und Einleiten eines Hochfrequenzstromes die zerfallene Pulpa und ihre Keime verkocht werden. Dabei tritt nur in nächster Umgebung der Nadel eine derartige Temperaturerhöhung auf, daß das nekrotische Pulpengewebe koaguliert und damit sterilisiert wird. In größerer Entfernung von der Nadel ist die erzeugte Temperatur jedoch niedriger, so daß

keine Gewähr dafür besteht, daß auch an diesen Stellen das Gewebe keimfrei wird. Zur Unterstützung des Verfahrens hat man daher desinfizierende Medikamente wie z.B. Chloramin in den Wurzelkanal eingeführt und durch Erwärmung mittels der Nadel in ihrer Wirkung gesteigert. Leider liefert diese Methode auch keine befriedigenden Ergebnisse, wenn die Infektion im Wurzelkanal schon zu weit vorgeschritten ist. Die Keime in den Dentinkanälchen werden nicht mit Sicherheit erreicht. Überhaupt verspricht das Verfahren keinen Erfolg, wenn der Wurzelkanal weit verzweigt ist. Gerade für diesen Fall hatte die Fachwelt auf die Diathermie große Hoffnungen gesetzt, da auch mit den vorher bekannten Methoden zuverlässige Ergebnisse nicht zu erreichen waren. Die Diathermie hat für diese Fälle keine Fortschritte gebracht.

Indiziert scheint das Diathermieverfahren bei Frontzähnen und Prämolaren unter der Voraussetzung, daß die Kanäle bis zur Wurzelspitze gängig sind, also keine Verkrümmungen und Verengungen des Kanals vorliegen. Leider besteht auch bei der Diathermiebehandlung zur Desinfektion die Gefahr der zu hohen Stromgaben und damit der Schädigung des Parodontiums. Der Vorteil der vielgepriesenen Kürze der Behandlung wird durch diesen Nachteil aufgewogen. Der überwiegende Teil der Fachwelt hat es daher vorgezogen, bei den bisher üblichen Verfahren der Behandlung des infizierten Wurzelkanals mit chemischen Mitteln und Vorgängen zu bleiben. Hierzu gehört auch die in jüngerer Zeit Anklang findende Jonophorese. Diese arbeitet nicht mit hochfrequentem Wechselstrom sondern mit Gleichstrom geringer Stärke.

Das Verfahren der Diathermie für die sog. Granulomverkochung besteht darin, daß die Elektrode durch den Wurzelkanal und den Apex hindurch bis in die Granulationsmassen hineingeschoben wird. Durch Einschalten des Hochfrequenzstromes und die dabei auftretende Wärmeentwicklung soll das Granulationsgewebe verkoht und keimfrei werden. Da dabei auch der Wurzelkanal desinfiziert wird, soll nach der Ansicht der betreffenden Autoren jeder Nachschub von Keimen unterbunden werden, so daß sich das Granulationsgewebe nicht weiter entwickeln könne. Leider besteht, wie bereits ausgeführt, noch nicht einmal die Gewähr dafür, daß ein infizierter Wurzelkanal durch die Diathermiebehandlung keimfrei wird. Da der Nachschub von Keimen in den apikalen Raum somit nicht zu unterbinden ist, gelingt es auch nicht, die Entwicklung des Granulationsgewebes am Apex zum Stillstand zu bringen. Hinzu kommt die Schwierigkeit, das "Granulom" am Apex so zu verkothen, daß keine Schädigung des umgebenden gesunden Gewebes erfolgt. Es ist zwar behauptet worden, daß das Granulationsgewebe nur verschorft zu werden brauche. Entscheidend ist jedoch, daß es offenbar nicht gelingt, den Wurzelkanal steril zu machen, um eine Reinfektion des Apex zu verhüten. Selbst wenn eine Desinfektion gelingen würde, wären da-

mit noch nicht die Toxine unschädlich gemacht, die als Zerfallsprodukte des nekrotischen Gewebes in Betracht kommen, ein Problem, das hier nur angedeutet werden soll.

Auch für die Aufgabe, die Lage der Elektrodenspitze so zu kontrollieren, daß sie über das Granulom nicht hinausreicht, gibt es noch keine Lösung. Außerdem ist die Größe und Lage des Herdes auch aus dem Röntgenbild nicht restlos zu ersehen. Es bleibt also immer ungewiß, ob der gesamte Herd koaguliert ist oder nicht auch gesundes Gewebe geschädigt wurde.

Die Erwartungen, die die Fachwelt an die Diathermiebehandlung der Parodontitis apikalis geknüpft hat, sind nicht in Erfüllung gegangen. Wenn trotzdem einige wenige Fachleute von guten Ergebnissen berichten, die sie bei der Diathermiebehandlung eines infizierten Wurzelkanals oder einer zu devitalisierenden Pulpa erzielen, so scheint es, als ob diese Erfolge einem außergewöhnlichen Einfühlungsvermögen zu verdanken sind. Der weitaus überwiegende Teil der Zahnärzte hält jedoch mit Recht an seiner ablehnenden Haltung gegenüber der Diathermiebehandlung des Wurzelkanals und des Periapex fest.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

Unter Diathermie verstehen wir die Erzeugung von Joulescher Wärme im menschlichen Körper durch hochfrequente ungedämpfte Wechselströme. Im Gegensatz zu einfachen Methoden der Wärmebehandlung wie z.B. mit der Bestrahlungslampe entsteht bei der Diathermie die Wärme im Gewebe; elektrische Energie wird durch Überwindung des Widerstandes des Leiters, in vorliegendem Falle also des menschlichen Körpers, in Wärme umgewandelt.

Die Widerstandswärme der Hochfrequenzströme findet sowohl in der Medizin als auch in der Zahnheilkunde Verwendung. Sie tritt hier in zwei Modifikationen auf: als medizinische Diathermie zur Tiefendurchwärmung des Körpers und als chirurgische Diathermie zur Verkochung bzw. zum Schneiden von Gewebe. Mittels zwei gleichgroßen, auf die Haut aufgelegter Metallelektroden wird der betreffende Körperteil in einen Hochfrequenzwechselstromkreis eingeschaltet und nun gleichmäßig durchwärmt. Ändert sich die Größe einer Elektrode weitgehend, so kann eine gleichmäßige Tiefendurchwärmung nicht mehr stattfinden. Unter der kleineren Elektrode entsteht eine größere Wärme, die bis zur Hitze gesteigert wird, sobald die Elektrode die Größe einer Nadelspitze annimmt. Nun verkocht sofort das unter der Nadel liegende Gewebe.

Die medizinische Diathermie fand in die Medizin zur Schmerzstillung, Krampflösung, zur Anregung des Stoffwechsels und bei Entzündungen jeder Art Eingang. Allerdings ist sie heute durch die wesentlich wirksamere Kurzwellentherapie verdrängt worden.

Die chirurgische Diathermie dagegen stellt auch heute noch in Form der Elektrotomie ein wichtiges Anwendungsgebiet dar; es besteht im Schneiden bzw. Durchtrennen von Gewebe mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens. Die Nadel wird durch ein lanzettförmiges Messerchen oder eine Schlinge ersetzt, die bei Stromschluß das unter der Elektrode liegende Gewebe sofort spaltet.

1927 führte S T U R M (68) die Diathermie in die Zahnheilkunde zur Wurzelbehandlung ein. Sie sollte nicht nur als Devitalisationsmittel das Arsen ersetzen, sondern auch infizierte Zähne mit kleineren oder größeren periapikalen Veränderungen zur Ausheilung bringen. Zunächst glaubten verschiedene Praktiker eine Lösung des Wurzelbehandlungsproblems gefunden zu haben. Doch die Erfahrungen mit der Diathermie stimmten nicht mit den Erwartungen überein. Die Verkochung der Pulpa mit der Diathermienadel erwies sich als zu gefährlich für den Zahnhalteapparat, da infolge Überdosierung des Stromes Verbren-

nungen auftraten. Auch die Methode der sog. Granulomverkochnng mußte aus denselben Gründen wieder aufgegeben werden. Als Mittel zur Gangränbehandlung fand jedoch die Diathermie Eingang. Die Literatur befaßt sich eingehend mit dieser Wurzelbehandlungsmethode. In den zahlreichen Veröffentlichungen gehen die Meinungen über den Wert dieses Verfahrens und über die Art allerdings auseinander; infolge der eigenartigen Zahnverhältnisse sind exakte Angaben über die Stromdosierung nicht möglich. Jeder Behandelnde muß daher erst Erfahrungen sammeln, bevor er erfolgreich mit der Diathermie umgehen kann.

Vor Verkochnng der entzündeten Pulpa durch den Hochfrequenzstrom griff man mitunter zur Anästhesie, um dem Patienten die Schmerzen zu ersparen; es wurde aber auch auf diese verzichtet. Nach eingetretener Koagulation erfolgte die Exstirpation und anschließend die Wurzelfüllung. Die Stromgaben erfolgten bis zur Toleranzgrenze oder nach Gutdünken. Diese Ungenauigkeit führte zu Dosierungsfehlern und somit zu Verbrennungen der Umgebung des Zahnes. Später sollte der Hochfrequenzstrom nur noch nach schon erfolgter Devitalisation mit Arsen und Exstirpation verwendet werden, also lediglich zur Reinigung der Kanalwände.

Das Hauptanwendungsgebiet der Diathermie in der Zahnheilkunde bildete die Behandlung infizierter Zähne, also Desinfektion oder sogar Sterilisation des Wurzelkanals und seiner Verzweigungen. Man ging dabei so vor, daß die Millernadel, in einem isolierten Griff eingespannt, unter mehrmaligen kurzen Stromgaben im Kanal auf und ab geführt wurde, um möglichst viele Berührungspunkte mit dem Kanalinhalt zu bekommen; dabei wird das infizierte Gewebe nur unmittelbar unter der Nadelspitze vernichtet, so daß entferntere Bezirke von der Koagulation nicht betroffen werden. Als unterstützende Maßnahme zu diesem Verfahren der Gangränbehandlung galt die Erwärmung eines in den Kanal eingepumpten desinfizierenden Medikaments, das die bakterizide Wirkung des Diathermiestromes unterstützt. Verschiedentlich durchgeführte bakteriologische Untersuchungen sprachen jedoch gegen diese Methode; nur bei einer oberflächlichen Infektion des Dentins bewirke das Verfahren Keimfreiheit.

Bei der sog. Granulomverkochnng handelt es sich um ein Vernichten apikaler Granulationsmassen mit dem Diathermiestrom, der durch den Wurzelkanal über das Foramen apikale hinaus appliziert wird. Der Strom soll entweder den apikalen Hrd vollständig koagulieren oder zumindest eine Verschorfung seiner Oberfläche und Aufhören der Sekretion bewirken. Dazu gehört eine genügende Desinfektion des Wurzelkanals und seiner Verzweigungen. Wegen der Unüber-

sichtlichkeit bei der Behandlung und wegen auftretender Verbrennungen nahmen zahlreiche Praktiker von dem Verfahren Abstand.

Heute wird dem Diathermieverfahren nur noch wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Als Hilfsmittel zur Gangränbehandlung findet es verschiedentlich Verwendung, vor allem von Praktikern mit Erfahrung auf diesem Gebiet. Diese Wurzelbehandlungsmethode ist jedoch auf Grund ihrer Nachteile von anderen Verfahren wieder verdrängt worden.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. Andersen, A.: Kritische Untersuchungen über die Bedeutung der chirurgischen Diathermie bei der Therapie dentaler periapikaler Herde.
Med. Diss. Göttingen 1936
2. Auerbach, U.: Über Wurzelbehandlung mit Diathermie.
Z.R. 40/39 S. 1726 (1931)
3. Balters, W.: Was sagen Wissenschaft und Erfahrung zu Mittel und Wegen in der Wurzelbehandlung?
Z.Wschr. Nr. 20 u. 21 (1931)
4. Bargeboer, A. und Michaelis, H.K.: Wurzelbehandlung mit chirurgischer Diathermie.
Dt. Zahn-Mund-u. Kieferheilk. Bd. 2/5 S. 279 (1935)
5. Barta, J.: Die Hochfrequenzkoagulierung und -desinfektion in der Stomatologie.
Z. Wschr. 37./40 S. 711 (1934)
6. Becker (Saarbrücken): Die Diathermie im Dienste der Zahnheilkunde.
Z.R. 38./28 S. 1164 (1929)
7. Beer, H.: Das Diathermieverfahren und seine Anwendung in der Zahnheilkunde.
Med. Diss. München 1937
8. Brinch, O.: Experimentelle und klinische Untersuchungen über Wurzelbehandlung von Zähnen durch hochfrequenten Wechselstrom (Diathermie).
Dt. Zahn-Mund-u. Kieferheilk. Bd. 3/8 S. 513 (1936)
9. Brühl, H.: Klinische Anwendung und Erfahrungen mit dem Joulisator.
Z.R. 64./1 S. 9 (1955)
10. Bucky, G.: Anleitung zur Diathermiebehandlung.
Urban-Schwarzenberg-Verlag Berlin-Wien 1929

11. Crossmann, L.: Erfolge mit Diathermiebehandlung bei periapikal infizierten Zähnen.
Z.Wschr. 39./27 S. 632 (1936)
12. Czernyei, G.: Beitrag zum Studium der Wirkung der chirurgischen Diathermie in der Behandlung infizierter Wurzelkanäle.
Z.Wschr. 14./42 S. 1013 (1933)
13. Dechaume, M.: Letzte Ergebnisse der Behandlung der Zahnkanäle durch Jonophorese und Diathermiekoagulation.
Z.R. 42./16 S.778 (1933)
14. Deidier, M.R. und Siret, A.: Die Diathermiebehandlung infizierter Wurzelkanäle.
Dt. Zahn-Mund-u.Kieferheilk. (1953)
15. Dittmer, E.: Die Diathermie und ihre Bedeutung für die Zahnheilkunde.
Med.Diss. München 1939.
16. Dörr, W.: Erfahrungen und Erlebnisse aus der Praxis von Dr. Ebbers.
Z.R. 44/25 S. 1088 (1935)
17. Ebbers, M.: Praktikum der Diathermie in der Zahnheilkunde.
Meusser-Verlag Leipzig 1936
18. Eisenlohr, H.: Histologische Untersuchungen über die Wirkung der chirurgischen Diathermie auf apikale Herde.
Z.Wschr. 36./45 S. 1065 (1933)
19. Emig, F.: Über die Diathermie bei der Wurzelbehandlung.
Z.Wschr. 42./21 S. 483 (1939)
20. Falkenstein, E.: Einwirkung des Hochfrequenzstromes auf die menschliche Pulpa.
Z.f.Stomat. 29/10 S. 1162 (1931)
21. Feiler, E.: Zur Behandlung der Paradentitis apikalis mit chirurgischer Diathermie.
Z.R. 38./46 S. 1884 (1929)

- Feiler, E.: Die Ausheilung der Granulome und Fisteln mit chirurgischer Diathermie.
Z.Wschr. 33./20 S. 1084 (1930)
- Feiler, E.: Verkoechung der Granulome mit chirurgischer Diathermie?
Z.R. 40./5 S. 173 (1931)
- Feiler, E.: Indikation und Technik der Wurzelbehandlung mit chirurgischer Diathermie.
Z.R. 40./42 S. 1853 (1931)
- Feiler, E.: Die rationelle Therapie der Erkrankungen der Pulpa.
Z. Wschr. 34./4 S. 193 (1931)
22. Flohr, E.: Über chirurgische Diathermie in der konservierenden Zahnheilkunde.
Z.Wschr. 33./21 S. 1153 (1930)
- Flohr, E.: Chirurgische Diathermie in der Zahnpraxis.
Z.Wschr. 34./24 S. 1156 (1931)
- Flohr, W.: Die medizinische Diathermie bei der Tiefendurchwärmung entzündlicher Prozesse.
Z.R. 39./29 S. 1246 (1930)
- Flohr, E.u.W.: Die Anwendung der Diathermie in der Zahnheilkunde. Meusser-Verlag Berlin 1930
- Flohr, E.u.W.: Ein Beitrag zur Diathermiebehandlung.
Z.R. 39./48 S. 2081 (1930)
- Flohr, E.u.W.: Die chirurgische Diathermie bzw. Elektrokoagulation bei der Wurzelbehandlung.
Z.R. 39./7 S. 257 (1930)
23. Friedberg, S.: Bakteriologische Untersuchungen nach Pulpagangrän. Schweiz.Monatsschr.f.Zahnheilk.
Bd. 41/3 S. 207 (1931)
24. Gebbert, A.: Über einen neuen kleinen Pulpadiathermieapparat.
Z.R. 40./29 S. 1284 (1931)

25. Gottlieb, B. und Orban, B.: Veränderungen im Periodontium nach chirurgischer Diathermie.
Z.f.Stom. 28./12 S. 1208 (1930)
26. Grabars, O.: Die Toleranzgrenze der Diathermie bei der Wurzelbehandlung.
Z.Wschr. 40./21 S. 472 (1937)
27. Greve, Chr.: Zur Diathermiebehandlung infizierter Wurzelkanäle.
Z.Wschr. 41./6 S. 137 (1938)
28. Grossman, L.: Ergebnisse der Diathermiebehandlung von periapikal infizierten Zähnen.
Z.Wschr. 37./14 S. 325 (1934)
29. Guhrauer, M.: Die Wurzelbehandlung, das Problem unserer Heilkunde.
Z.R. 41./35 S. 1417 (1932)
- Guhrauer, M.: Behandlung nicht infizierter und infizierter Wurzelkanäle mittels Diathermie.
Zentralbl.f.d.ges.Zahn-Mund- u.Kieferheilk. Bd. 1/3 S. 143 (1936)
30. Henseler, H.: Einführung in die Diathermie vom medizinischen und technischen Standpunkt.
Radionta-Verlag Berlin 1929
31. Henseler, H. und Prinz, H.: Die praktische Anwendung der Diathermie in der Zahnheilkunde.
Radionta-Verlag Berlin 1932
32. Hockenjos, E.: Behandlung der Wurzelgangrän und der chronischen Periodontitis mit Diathermie.
Schweiz.Monatsschr.f.Zahnheilk. Bd.46/9 S. 889 (1936)
33. Jummel, Fr.: Erfahrungen mit Diathermie in der Wurzelbehandlung.
Z.R. 48./20 S. 832 (1939)
34. Kiilerich, J.: Die Theorie der Wurzelbehandlungsdiathermie.
Z.R. 47./45 S. 1924 (1938)

35. Kjaer, E.W.: Elektrische Wurzelbehandlung nach neuen Gesichtspunkten.
Z.R. 62./6 S. 142 (1953)
- Kjaer, E.W.: Klinische Untersuchungen über Wurzelkanaltherapie mittels hochfrequentem Strom (Jouling). Z.R. 64./23 S. 605 (1955)
36. Klein, W.: Einige Mitteilungen über die Anwendung des Diathermiestromes in der Zahnheilkunde.
Z.f.Stom. 27./5 S. 443 (1929)
- Klein, W.: Zur Anwendung der Hochfrequenzwurzelbehandlungsmethode.
Z.Wschr. 39./1 S. 6 (1936)
37. Klement, H.: Zum Kapitel: Diathermie in der Zahnheilkunde.
Z.R. 39./5 S. 172 (1930)
38. Kowarschik, J.: Die Diathermie.
Springer-Verlag Wien-Berlin 1930
39. Kramp, E.: Desinfektion der Pulpenkanäle und des periapikalen Gewebes mittels chirurgischer Diathermie.
Z.Wschr. 38./16 S. 377 (1935)
40. Kristiansen, E.: Die Diathermie in der Zahnheilkunde.
Z.R. 38./14 S. 612 (1929)
41. Krüger, P.: Die chirurgische Diathermie bzw. Elektrokoagulation bei der Wurzelbehandlung.
Z.R. 39./17 S. 719 (1930)
42. Lecrenier, L.: Kanalbehandlung mit Hochfrequenzstrom.
Zentralbl.f.ges.Zahn-Mund- u. Kieferheilk.
Bd. 4/1 S. 36 (1939)
43. Levy, M.: Kombinierte Anwendung physikalischer Behandlungsmethoden bei Pulpa- und Wurzelkrankungen.
Z.R. 39./21 S. 884 (1930)
Z.R. 39./22 S. 926 (1930)

44. Lindholm, S.S.: Devitalisierung von lebenden Pulpen durch Diathermie. Zentralbl.f.ges.Zahn-Mund-u. Kieferheilk. Bd. 6/1 S. 47 (1941)
45. v.Madarasz, E.: Beiträge zur Wurzelbehandlung mit Diathermie. Z.f.Stom. 33./24 S. 1513 (1933)
46. Mamlok, H.J.: Diathermie. Z.R. 39./17 S. 720 (1930)
47. Mayer, E.: Der Hochfrequenzstrom in der Zahnheilkunde. Zentralbl.f.ges.Zahn-Mund-u.Kieferheilk. Bd.1/3 S. 145 (1936)
48. Mitome, M.: Studien über die Bakterien in kariösen Höhlen, besonders in infizierten Wurzelkanälen, zugleich über die antiseptische Wirkung der diathermischen Behandlung auf dieselben Bakterien. Z.R. 45./21 S. 932 (1936)
49. Molitor, W.: Kritische Stellungnahme zu den vielseitigen Behandlungsmethoden der Restpulpitis. Z.Wschr. 40./16 S. 347 (1937)
50. Molnar, L.: Betrachtungen über die Behandlung mit Hochfrequenzströmen in der Zahnheilkunde. Z.f.Stomat. 36/7 S. 406 (1938)
51. Müller, R. (Münster): Die Diathermie in der Zahnheilkunde. Z.Wschr. 33./9 S. 462 (1930)
- Müller, R. (Münster): Die Verwendung der Diathermie bei der Wurzelbehandlung. Z.Wschr. 33./2 S. 1159 (1930)
52. Müller, Ruth: Röntgenologische und histologische Kontrolle der Wurzelbehandlung mittels Diathermie. Med. Diss. Berlin 1938
53. Münch, J.: Aus dem Aufsatz: Spezielle konservierende Behandlungsmöglichkeiten und Behandlungsmethoden von sog. Granulomzähnen u.a. Diathermiebehandlung. DZZ 2./12 S. 422 (1947)

54. Münzesheimer, F.: Stellungnahme zur Diathermiebehandlung.
Z.R. 40./2 S. 49 (1931)
- Münzesheimer, F.: Stellungnahme zur Diathermiebehandlung, wie sie von E.u.W. Flohr erneut angegeben wird.
Z.Wschr. 34./10 S. 573 (1931)
55. Neumann, R. und Krüger, P.: Die chirurgische Diathermie bzw. Elektrokoagulation bei der Wurzelbehandlung.
Z.R. 39./12 S. 493 (1930)
- Neumann, R.: Beitrag zur Wurzelbehandlung mit Diathermie.
Z.R. 40./13 S. 558 (1931)
56. Nivard, E.: Die Diathermie in der Zahnheilkunde.
Zentralbl.f.ges.Zahn-Mund-u.Kieferheilk.
Bd. 2/6 S. 381 (1937)
57. Orban, B.: Gewebsveränderungen im Periodontium nach chirurgischer Diathermie.
Z.f.Stomat. 33./18 S. 1154 (1933)
58. Palmquist, E.: Über Diathermie und ihre Anwendung in der Pulpenchirurgie. Dt.Zahn-Mund-u.Kieferheilk.
Bd. 21/7 u. 8 S. 313 (1954/55)
59. Rump, W.: Elektromedizin und Strahlenkunde.
Urban-Schwarzenberg-Verlag (Ost) 1954
60. Scheer, K.: Über die Behandlung apikaler Herde mit Diathermie.
Z.Wschr. 40./41 S. 913 (1937)
61. Schlijecker, J.H.: Über Gefahren beim Gebrauch der chirurgischen Diathermie im Wurzelkanal.
Z.Wschr. 37./22 S. 516 (1934)
62. Schmidt (Gelsenk.): Über einen Mißerfolg bei der Diathermiebehandlung der Gangrän.
Z.R. 40./23 S. 1013 (1931)
63. Schrickel (Bochum): Diathermie in der Kinderpraxis.
Z.R. 40./32 S. 1413 (1931)
64. Schweitzer, G.: Strahlenkunde. Zentralbl.f.ges.Zahn-Mund-u.Kieferheilk. Bd. 2/2 S. 65 (1937)

65. Schwellnus, G.: Die chirurgische Diathermie und ihre Anwendung in der Zahnheilkunde.
Med. Diss. München 1938
66. Sikora, A.: Über Wurzelbehandlung mit Diathermie.
Z.R. 40./34 S. 1502 (1931)
67. Staehle, H.: Eine Antwort von Dipl.Ing. H. Staehle (Stuttgart) auf die Frage von Dr.A.H. in Schl. (Diathermie und Jonophorese).
DZZ 6./6 S. 335 (1951)
68. Sturm, H.: Über Asepsis und Kaltkaustik bei Wurzelbehandlung.
Z.f.Stomat. 25./10 S. 1003 (1927)
- Sturm, H.: Chirurgische Diathermie bei Wurzelbehandlung.
Z.R. 39./40 S. 1729 (1930)
- Sturm, H.: Über die Dosierung des Diathermiestromes bei Wurzelbehandlung.
Z.R. 41./39 S. 1600 (1932)
- Sturm, H.: Wurzelbehandlung mit chirurgischer Diathermie.
Dt. Zahn-Mund-u.Kieferheilk. Bd. 3/5 S. 341 (1936)
- Sturm, H.: Über Diathermie bei Wurzelbehandlung.
Z.R. 49./7 S. 210 (1940)
- Sturm, H.: Aseptische Wurzelbehandlung.
DZZ 2./10 S. 321 (1947)
- Sturm, H.: Diathermie bei Wurzelbehandlung.
Zahnärztl. Welt 10./10 S. 260 (1955)
69. Talbot, F.: Diathermie in der Zahnheilkunde.
Z. Wschr. 37./52 S. 1230 (1934)
70. Thünker, H.J.: Ist die Koagulation der Pulpa mittels Diathermie geeignet, unsere Wurzelbehandlungsmethoden zu erleichtern?
Med. Diss. Bonn 1931
71. Trebitsch, H.: Die chirurgische Diathermie bei der Wurzelbehandlung.
Z.R. 39/20 S. 845 (1930)

- Trebitsch, H.: Wurzelbehandlung.
Z.R. 41./15 S. 633 (1932)
72. Wadewitz, L.: Über Wurzelbehandlung mit Diathermie nach
den bisherigen Erfahrungen und eigenen Untersuchungen.
Med. Diss. Leipzig 1932
- Wadewitz, L.: Praktisches zur Anwendung der Diathermie in
der Zahnheilkunde.
Z.Wschr. 36./32 S. 767 (1933)
- Wadewitz, L.: Diathermie.
Z.R. 43./50 S. 2054 (1934)
- Wadewitz, L.: Zur Wurzelbehandlung mit Diathermie.
Z. Wschr. 40./28 S. 639 (1937)
73. Wasgien, K.: Die Diathermie im Dienste der Zahnheilkunde.
Z.R. 38./31 S. 1291 (1929)
- Wasgien, K.: Kritische Betrachtung über die Anwendung der
Diathermie in der Zahnheilkunde, über ihre
Indikation und ihre Grenzen.
Z.R. 39./14 S. 569 (1930)
- Wasgien, K.: Noch einige Bemerkungen über die Anwendung
der Diathermie in der konservierenden Zahn-
heilkunde.
Z.R. 39./32 S. 1385 (1930)
- Wasgien, K.: Weitere Bemerkungen über die Anwendung der
Diathermie in der konservierenden Zahnheil-
kunde, über ihre Indikation und ihre Grenzen.
Z.R. 40./3 S. 93 (1931)
74. Weishaar, W.: Diathermie als medizinische Wärme.
Z.R. 50./42 S. 1383 (1941)
75. Wolf, H.: Die Zahnmarkprüfung mittels Hochfrequenz-
strömen. Z.Wschr. 41./45 S. 1066 (1938)
76. Wolff (Magdeburg): Was können wir von der Diathermie erwarten?
Z.R. 40./20 S. 889 (1931).

Zum Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Frau Prof. Dr. Dr. Schug-Kösters für die freundliche Überlassung des Themas ergebenst zu danken, ebenso Herrn Dr. Dr. Ketterl für die bei der Abfassung anregenden und hilfsbereiten Unterstützungen.

LEBENS LAUF

Ich wurde am 26. Juni 1932 als Tochter des Dipl. Ing. Paul Chronz und seiner Ehefrau Johanna Chronz, geb. Schuster, in Berlin geboren. Nach dem Besuch der Volksschule und Oberschule in Berlin, wo ich am 30. Juni 1950 die Reifeprüfung bestand, begann ich im Frühjahr 1952 das zahnmedizinische Studium an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Nach drei vorklinischen und fünf klinischen Semestern legte ich im Frühjahr 1956 an der Universität München das Staatsexamen ab und approbierte im Juni 1956. Seit dieser Zeit bin ich als Zahnärztliche Assistentin in freier Praxis in Bayern tätig.

